



VIII. BİLSEL Uluslararası Çatalhöyük Bilimsel Araştırmalar Kongresi Kongre Kitabı



BİLSEL
YAYINCILIK

04-05 TEMMUZ
2026



<https://bilselkongreleri.com>

KONYA

8. BİLSEL INTERNATIONAL ÇATALHÖYÜK SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS BOOK

**04-05 JULY 2026
KONYA/TÜRKİYE**

**EDITOR
Assoc. Prof. Dr. Nurlan Baigabylov**

**14.07.2026
by BILSEL PUBLISHING**

ISBN: 978-625-8531-49-7

**All rights of this book belong to BILSEL PUBLISHING.
The book is not intended for commercial profit.
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.**

Bu kitabın tüm hakları BİLSEL YAYINCILIK yayınevine aittir.
Kitap ticari bir kar amacı gütmemektedir.
Yayın etiği kurallarına uymak yazarın sorumluluğundadır.

<https://bilselkongreleri.com/>

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

8. BİLSEL INTERNATIONAL ÇATALHÖYÜK SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

DATE and PLACE

04-05 JULY 2026 KONYA/TÜRKİYE

ORGANIZATION

**Bilgiseli Uluslararası Bilimsel
Araştırmalar Strateji Geliştirme
Kongre ve Org.Hizm.Tic.Ltd.Şti**

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman of the Organizing Committee

Assoc. Prof. Dr. Nurlan Baigabylov

University Academician Representative

**Doç. Dr. Özge TEMİZ
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi**

CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Prof. Dr. Mehmet Bayırlı
Balıkesir Üniversitesi
Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SERİN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Ümit M. KOÇYİĞİT
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR
Aksaray Üniversitesi
Prof. Dr. Karim KREIT
Cadi Ayyad University, Morocco
Prof. Dr. Mohammed Waheeb
Hashemite University, Jordan
Professor Dr. Nana Jincharadze
European University Georgia
Prof. Dr. Shemsije Demiri
High Economic School- Gostivar North Macedonia
Prof. Dr. Tinatin Mshvidobadze
Gori State University (Georgia)
Prof. Dr. Valbon Ademi
University of Tetovo, North Macedonia
Prof. Dr. Valentina Marinescu
University of Bucharest
Assoc. Prof. Dr. Irina-Teodora MANOLESCU
Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania
Assoc. Prof. Dr. Silviya Ivanova
Institute of Cryobiology and Food Technology, Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Daniela Matušiková
University of Prešov, Slovakia
Assoc. Prof. Dr. Abderrahmane Raji
Sultan Moulay Slimane University, Morocco
Assoc. Prof. Dr. Enida KUME
Aleksander Moisiu” University, Durrës, Albania
Assoc. Prof. Dr. BELOUFA
Nabil, IHFR, Algeria
Doç. Dr. Ebülfaz Ezimli
Naxçıvan Devlet Universiteti

Doç. Dr. Nursel ASLANTÜRK
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan Tahiri MUTLU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Bahar ÇİFTÇİ
Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ercan AYDOĞMUŞ
Fırat Üniversitesi
Doç. Dr. Ebru YILMAZ
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Doç. Dr. Çağatay YAMÇIÇIER
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Dr. Alketa Çausi
Sport University of Tirana, Albania
Dr. Solomon Uchechukwu Eze
Nnamdi Azikiwe University
Dr. Mirjeta Cenaj
Sports University of Tirana, Albania
Dr. Israr Ali Khan
Institute of Numerical Sciences, Pakistan
Dr. Blerina Xhelaj
University “Ismael Qemali” Vlora- Albania
Dr. Sohayb Abdulkarim
Gaziantep University
Dr. Muhammad Faisal
Ministry of State and Frontier Region Govt of Pakistan
Dr. Çağrı GÜÇLÜTEN
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Dr. Onur OKTAYSOY
Kafkas Üniversitesi
Dr. Mahmut ÇAMLICA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Mustafa KAPLAN
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Dr. Doruk AYBERKİN
Bayburt Üniversitesi
Uzman Dt. İbrahim Tefik Gülşen
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

PARTICIPANTS COUNTRY

Algeria/Azerbaijan/ Brazil/ Indonesia/India/Jordan
Pakistan/Romania/Malaysia/Morocco/Nigeria/Serbia/Ukraine/Uzbekistan

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr.Valbon Ademi
University of Tetovo, North Macedonia
Prof. Dr Valentina Marinescu
University of Bucharest
Prof. Dr. Karim KREIT
Cadi Ayyad University, Morocco
Prof. Dr. Mohammed Waheeb
Hashemite University, Jordan
Prof. Dr.Nana Jincharadze
European University Georgia
Prof. Dr. Shemsije Demiri
High Economic School- Gostivar North Macedonia
Prof. Dr. Tinatin Mshvidobadze
Gori State University (Georgia)
Prof. Dr. Alaeddin BOBAT
Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN
Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Perihan ÜNÜVAR
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet BAYIRLI
Balıkesir Üniversitesi
Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. H. Burçin HENDEN ŞOLT
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SERİN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Assoc. Prof. Dr. Irina-Teodora MANOLESCU
Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania
Assoc. Prof. Dr. Silviya Ivanova
Institute of Cryobiology and Food Technology, Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Mokhtar NEBAB
University of Bumerdes ALGERIA
Assoc. Prof. Dr. Gergana Gozanska Plovdiv
University “Paisii Hilendarski”, Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Ganaoui Maroua
University of Chadli Ben Djedid El-tarf and Souk Ahras
university, Algeria
Assoc. Prof. Dr. Abdullayeva Gultekin
Azerbaijan State Pedagogical University
Assoc. Prof. Dr. Məmmədova Könül Ələddin qızı
ADPU-Azerbaijan
Doç. Dr. Ebru YILMAZ
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Doç. Dr. Nursel ASLANTÜRK
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Doç. Dr. Derya ÇAYIR
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Doç. Dr. Musa ERDOĞAN
Kafkas Üniversitesi
Doç. Dr. Pervin ERDOĞAN
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Doç. Dr. Özlem Gündoğdu AYTAÇ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Dr. Mokhnane Tarek
Center for Scientific and Technical Research on Arid
Regions (CRSTRA) Omar El BERNAOUI, Algeria
Dr. K. Vignesh
Palar Agricultural College, Vellore, Tamil Nadu, India
Dr. Vo Trung Hau
Binh Duong Mot University, Vietnam
Dr. Le Thi Minh
Thu Dau Mot University, Vietnam
Dr. Amina Yahia
University of Oum El Bouaghi. Algeria
Dr. Haneen Vassel
Beit Berl College
Dr. Elmassi SAID
Cadi Ayyad University
Dr. Sahnoun ZENGH
University of Mustapha Stambouli Mascara, Algeria
Dr. Leila Bijos
Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brazil
Dr. Elharrar Nouredine
Higher Institute of Nursing Professions and Health
Techniques ”ISPITS”, Safi
Dr. Vicente Pironti
Open University Humaniza, Brazil
Dr. Vijay Singh
Himachal Pradesh University Shimla India
Dr. Abdelaati Soufiani
Higher Institute of Nursing and Health Technology
(ISPITS) of Kenitra
Dr. Alketa Çausi
Sport University of Tirana, Albania
Dr. Eyüp SİRANKAYA
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Dr. Özlem PERVAN
Maltepe Üniversitesi
Dr. Özgür ERDAĞ
Kafkas Üniversitesi
Dr. Cansın CEYLAN
Kırklareli Üniversitesi
Dr. Melike YALÇIN
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Dr. Sultan SARI
Ostim Teknik Üniversitesi
Dr. Onur OKTAYSOY
Kafkas Üniversitesi

8. BİLSEL INTERNATIONAL ÇATALHÖYÜK SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

*04-05 July, 2026
KONYA/TÜRKİYE*

CONGRESS PROGRAM

Join Zoom Meeting ID: 815 7680 2816

Passcode: 544441

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/81576802816?pwd=YAX9u1FuvajFbBK3oKSuXTKHLn1WMV.1>

PARTICIPATING COUNTRIES

**Algeria/Azerbaijan/ Brazil/ Indonesia/India/Jordan
Pakistan/Romania/Malaysia/Morocco/Nigeria/Serbia/Ukraine/Uzbekistan**

IMPORTANT

- ◆ To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of
- ◆ “Meeting ID or Personal link Name” and solidify the session.
- ◆ The presentation will have 10 minutes .
- ◆ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ◆ The Zoom application can be used without registration.
- ◆ The application works on tablets, phones and PCs.
- ◆ Speakers must be connected to the session 10 minutes before the presentation time.
- ◆ All congress participants can connect live and listen to all sessions.

TECHNICAL INFORMATION

- ◆ Make sure your computer has a microphone and is working.
- ◆ You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- ◆ Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.

ÖNEMLİ

- ◆ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için
- ◆ online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ◆ Online sunum yapabilmek için <https://zoom.us/join> sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ◆ Sunumlar için 10 dakika süre ayrılmıştır.
- ◆ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ◆ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ◆ Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışmaktadır.
- ◆ Sunum yapacakların sunum saatinden 10 dk önce oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- ◆ Tüm katılımcılar oturumlara online katılıp dinleyebilir.

Kongreye katılım zorunludur, katılım sağlamayan katılımcılarımıza Kongre Katılım Belgesi gönderilmeyecektir.

TEKNİK BİLGİLER

- ◆ Bilgisayarınızda çalışır durumda mikrofon bulunmalıdır.
- ◆ Zoom'da ekran paylaşma özelliği kullanılabilir.
- ◆ Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir.

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Mesut ŞÖHRET

SESSION-1 HALL-1

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Yüksek Lisans Öğrencisi, Serap ERDAL Doç. Dr. Mesut ŞÖHRET</i>	<i>Gaziantep Üniversitesi Gaziantep Üniversitesi</i>	<i>KAYNAK VE TRANSİT ÜLKELERDEN AVRUPA BİRLİĞİ'NE GÖÇÜN ANATOMİSİ: MISIR VE LİBYA ÖRNEĞİNDE AB'NİN ÇEKME FAKTÖRLERİ VE YASAL ÇIKMAZLARI</i>
<i>Doç. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM Doç. Dr. Ethem MERDAN</i>	<i>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi,</i>	<i>ALGILANAN AŞIRI NİTELİKLİLİK BAŞLIKLİ TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ</i>
<i>Doç. Dr. Ethem MERDAN Doç. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM</i>	<i>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi,</i>	<i>ÜNİVERSİTE ÇALIŞANLARININ AŞIRI NİTELİKLİLİK ALGILARININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA: KONYA İLİ ÖRNEĞİ</i>
<i>Yüksek Lisans Öğrencisi Damla ATEŞ Dr. Öğr. Üyesi Kürşad GÖLGELİ</i>	<i>Erciyes Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi,</i>	<i>SOSYAL MEDYADA KADIN KİMLİĞİ VE TOKSİK POZİTİFLİK: GÖSTERGEBİLİMSEL BİR ANALİZ</i>
<i>Yüksek lisans öğrencisi, Begüm GİRGİNER Doç. Dr. Hilal Tuğçe BAYAR TÜRKOĞLU</i>	<i>Süleyman Demirel Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi,</i>	<i>SUÇLULUK KISKACINDA İŞ TATMİNİ: ÖZ BELİRLEME KURAMI ÇERÇEVESİNDE ANNE İSTİHDAM SUÇLULUĞU</i>
<i>Prof. Dr. Burak MEDİN Yüksek Lisans Öğrencisi, Ömer HATİPOĞLU</i>	<i>Erciyes Üniversitesi Erciyes Üniversitesi</i>	<i>SENARYO YAZIM SÜREÇLERİNDE BÜYÜK DİL MODELLERİ'NİN (LLM) KULLANIMI VE PROMPT MÜHENDİSLİĞİ ÜZERİNE METODOLOJİK BİR ÇERÇEVE ÖNERİSİ</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Research Assistant, Zehra ERTOSUN KARABULUT

SESSION-1 HALL-2

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Musa ÖZCAN Prof. Dr. Gültekin BASMACI	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,	FİLAMENT SARIM YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN KOMPOZİT BORULARDA ELYAF HACİM ORANININ DENEYSEL ANALİZİ
Musa ÖZCAN Prof. Dr. Gültekin BASMACI Dr. Öğr. Üyesi Durmuş TEMİZ	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,	FİLAMENT SARIMLI HİBRİT KOMPOZİT BORULARIN RADYAL SERTLİK PERFORMANSININ PS VE SF PARAMETRELERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
Research Assistant, Zehra ERTOSUN KARABULUT	Muş Alparslan University,	THE USE OF PIV AND DIC METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING
Research Assistant, Zehra ERTOSUN KARABULUT	Muş Alparslan University,	THE EFFECT OF GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT ON PIPE-SOIL INTERACTION ON SLOPED SOILS: A REVIEW
Lecturer, Ph.D., Asli KAYA KARAKUTUK Assoc. Prof. Dr., Ozer OZDEMİR	Eskişehir Technical University, Eskişehir Technical University,	AN INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF WAVELET POOLING IN IMAGE CLASSIFICATION UNDER NOISE
Lecturer, Ph.D., Asli KAYA KARAKUTUK Assoc. Prof. Dr., Ozer OZDEMİR	Eskişehir Technical University, Eskişehir Technical University,	EPILEPTIC SEIZURE DETECTION USING A TRAINABLE MORLET WAVELET-LAYERED DEEP LEARNING MODEL
Doç. Dr., Esra Tuğçe GÜL Ziraat Yük. Müh. Sümeyye TÜRK YILDIZ Prof. Dr., Osman OLGUN	Selçuk University, Selçuk University, Selçuk University,	THE EFFECT OF USING HIGH LEVELS OF FUMARIC ACID AND TARTARIC ACID IN THE DIET ON THE PERFORMANCE, SLAUGHTER CHARACTERISTICS AND BONE PARAMETERS OF GROWING QUAILS
Yüksek Lisans Öğrencisi Sadegül TAŞCIOĞLU Doç. Dr. Ahmet Akif ERBAŞ	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,	7-10 YAŞ KUR'AN KURSLARININ DEĞERLER EĞİTİMİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK

SESSION-1 HALL-3

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK	Selcuk University	EVALUATION OF THE CLINICAL AND LABORATORY FINDINGS OF PATIENTS WITH MYCOSIS FUNGOIDES: PRELIMINARY FINDINGS FROM A SINGLE-CENTER CROSS-SECTIONAL STUDY
Assoc. Prof. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK	Selcuk University	RATIO OF SECOND FINGER LENGTH TO FOURTH FINGER LENGTH (2D:4D RATIO) IN PATIENTS WITH HIDRADENITIS SUPPURATIVA
Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi,	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NUTRITION AND INFERTILITY
Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi,	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LEPTIN AND BREAST CANCER
Zişan DOĞAN Beril Beyza PEKSAK Öğr. Gör. Dr. Hakan APAYDIN	Hitit Üniversitesi, Hitit Üniversitesi Hitit Üniversitesi	NAR ATIKLARININ ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ VE GIDA KATKI MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Yaşar AKÇA

SESSION-1 HALL-4

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Yüksek Lisans Öğrencisi, Mehmet EFE</i>	<i>İstanbul Ticaret Üniversitesi,</i>	<i>ÖĞRETMENLERİN PSİKOLOJİK SAĞLAMLIK DÜZEYLERİ İLE İŞ STRESİ DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE BİLİŞSEL ESNEKLİĞİN ARACI ROLÜ</i>
<i>Doç. Dr. Yaşar AKÇA Burçin BOZKURT</i>	<i>Bartın Üniversitesi, AKTIP Hastanesi,</i>	<i>ENTELEKTÜEL SERMAYENİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖLÇÜLMESİ</i>
<i>Assoc. Prof. Dr., Resul ÖZTÜRK Assoc. Prof. Dr., Mehtap ÖZTÜRK Ph.D. Zeynep KIZILKAN</i>	<i>Selcuk University, Selcuk University, Selcuk University,</i>	<i>CROSS-CULTURAL E-COMMERCE MARKETING: A BIBLIOMETRIC TREND AND NETWORK ANALYSIS</i>
<i>Assoc. Prof. Dr., Mehtap ÖZTÜRK Assoc. Prof. Dr., Resul ÖZTÜRK Ph.D. Zeynep KIZILKAN</i>	<i>Selcuk University, Selcuk University, Selcuk University,</i>	<i>ETHICAL ISSUES IN ALGORITHMIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT</i>
<i>Yüksek Lisans Öğrencisi, Ebrar AKGÜN</i>	<i>İstanbul Ticaret Üniversitesi,</i>	<i>ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DUYGU DÜZENLEME BECERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR PSİKOEĞİTİM PROGRAMI</i>
<i>Öğr. Gör. Gözde KUZU ULUÇAY Dr. Ahmet Gökhan ULUÇAY Dr. Fettah KURTULUŞ</i>	<i>İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul Kültür Üniversitesi,</i>	<i>YÜKSEKÖĞRETİMDE YAPAY ZEKÂNIN KURUMSALLAŞMASI: YÖNETİŞİM, ETİK VE STRATEJİK HAZIRLIK</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Çetin AYKURT

SESSION-1 HALL-5

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Arş. Gör. Dr., Nurgül AKDOĞAN,	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi,	KUTSALIN ESTETİK TEZÂHÜRÜ: DİN VE SANATIN ONTOLOJİK BİRLİKTELİĞİ
Doç. Dr. İbrahim ONAY	Çankırı Karatekin Üniversitesi,	SOĞDİANA VE SOĞDLARDA BUDİZM
Doç. Dr. İbrahim ONAY	Çankırı Karatekin Üniversitesi,	SOĞDLARDA DÂNS, MÜZİK VE EĞLENCE KÜLTÜRÜ
Ayşenur ÖZKAN	Ege Üniversitesi	ANTANDROS MEZAR SUNAKLARI IŞIĞINDA BATI ANADOLU'DA MEZAR SUNAKLARI
Doç Dr.. Çetin AYKURT	Yozgat Bozok Üniversitesi	HENDESE-İ MÜLKİYE MEKTEBİ
Doç Dr.. Çetin AYKURT	Yozgat Bozok Üniversitesi	DARÜLMUALLİMİN
Yüksek Lisans Öğrencisi, Mustafa BULUT	Batman Üniversitesi,	İNCE MEMED ROMANINDA İKİLEMELERİN KULLANIMI (DİL VE ÜSLUP)

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Öğr. Gör. Dr. Emel SARITAŞ
SESSION-1 HALL-6

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Öğr. Gör. Dr., Emel SARITAŞ	Pamukkale Üniversitesi,	SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM REKLAMLARININ KURUMSAL SOSYAL SORUMLULUK VE GÜVEN ALGISI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr., Tuğçe KAYA	Çukurova Üniversitesi,	KADINLARIN TARIMSAL İŞGÜCÜNE KATILIMININ TARIMSAL GELİŞME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELER ÜZERİNE BİR PANEL VERİ ANALİZİ
Arş. Gör. Abdulkadir KURTULAN Arş. Gör. Nuriye KARAKAYA Arş. Gör. Mehmet Emin BOZKURT	Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi,	DİJİTAL PAZARLAMA VE YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ
Arş. Gör. Abdulkadir KURTULAN Arş. Gör. Mehmet Emin BOZKURT Arş. Gör. Nuriye KARAKAYA	Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi,	1994–2026 YILLARI ARASINDAKİ SOSYAL PAZARLAMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE DAİR AKADEMİK YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK İNCELEMESİ
Araştırma Görevlisi, Ertuğrul Doğan ERZENİN	Marmara Üniversitesi	EŞYA HUKUKUNDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLKESİ: MÜLKİYET HAKKININ ÇEVRESEL SINIRLARI
Araştırma Görevlisi, Ertuğrul Doğan ERZENİN	Marmara Üniversitesi	TÜKETİCİ SÖZLEŞMELERİNDE KİŞİSEL VERİLERİN KARŞI EDİM OLARAK KULLANILMASI

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Reha COŞKUN

SESSION-1 HALL-7

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Selahattin Erdoğan, Syed Makhdoom Hussain, Adan Naeem, Eman Naeem, Ebru Yilmaz</i>	<i>Sinop University, Government College University Faisalabad, Aydın Adnan Menderes University,</i>	<i>BIOPLASTIC PRODUCTION FROM FISHERY WASTE: CIRCULAR ECONOMY APPROACHES AND RECENT ADVANCES</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK Yük. Müh., Ferhat TABAK Deniz EFENDİOĞLU Servet SOYGÜDER İbrahim YILMAZ</i>	<i>Kırşehir Ahi Evran University, Yıldırım Beyazıt University, Yıldırım Beyazıt University, Yıldırım Beyazıt University,</i>	<i>QUANTIFYING THE IMPACT OF DISASTER EVENTS ON OCCUPATIONAL ACCIDENT DATA: A CLUSTER ANALYSIS APPROACH</i>
<i>Yük. Müh., Ferhat TABAK Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK Ergün ERASLAN İbrahim YILMAZ Servet SOYGÜDER</i>	<i>Yıldırım Beyazıt University Kırşehir Ahi Evran University, Yıldırım Beyazıt University, Yıldırım Beyazıt University,</i>	<i>UNCOVERING THE ERGONOMICS-ACCIDENT NEXUS: A MULTIDIMENSIONAL ANALYTICAL REVIEW IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY</i>
<i>Researcher, Yusuf ERCAN Researcher, İbrahim TOKGÖZ Asst. Prof. Dr., Cahit Bilgi</i>	<i>Istanbul University- Cerrahpaşa, Istanbul University- Cerrahpaşa,</i>	<i>AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY AHP MODEL FOR R&D INVESTMENT AREA SELECTION IN THE DEFENSE INDUSTRY</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Reha COŞKUN Doktora Öğrencisi Yunus Emre ŞAHİN</i>	<i>Kafkas Üniversitesi, Kafkas Üniversitesi</i>	<i>İŞHAL SAĞALTIMI UYGULANAN BİR SIĞIR İŞLETMESİNDE ZOONOTİK KARAKTERDEKİ STEC, EPEC VE EHEC ESCHERİCHİA COLİ SUŞLARININ SAÇILIMI, ANTİBİYOTİK DİRENÇ PROFİLLERİ, KLONAL YAKINLIKLARI</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Leyla BAHAR

SESSION-1 HALL-8

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Uzman Dt. Etem Tayfun GÖKŞEN</i>	<i>Dicle Üniversitesi</i>	<i>PEEK (POLİETER ETER KETON) MATERYALİNİN DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIMI</i>
<i>Uzman Dt. Etem Tayfun GÖKŞEN</i>	<i>Dicle Üniversitesi</i>	<i>TEMPOROMANDİBULAR EKLEM (TME) HASTALIKLARI</i>
<i>Doç. Dr. Leyla BAHAR</i>	<i>Mersin Üniversitesi,</i>	<i>BEYNİN MOLEKÜLER İLETİŞİM AĞI: EKSOZOMLARIN NÖROİNFLAMASYON VE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDAKİ ÇOK YÖNLÜ ROLÜ</i>
<i>Doç. Dr. Leyla BAHAR</i>	<i>Mersin Üniversitesi,</i>	<i>MEZENKİMAL KÖK HÜCRE KAYNAKLI EKSOZOMLAR: HÜCRESİZ REJENERATİF TEDAVİLERDE YENİ BİYOLOJİK PLATFORMLAR</i>
<i>Doç. Dr. Özlem DOĞAN YÜKSEKOL Öğr. Gör. Sinan İRTEGÜN</i>	<i>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ardahan Üniversitesi,</i>	<i>OBSTETRİK ŞİDDET VE KADIN SAĞLIĞI HEMŞİRELERİNİN ROLÜ</i>
<i>Doç. Dr. Özlem DOĞAN YÜKSEKOL Öğr. Gör. Sinan İRTEGÜN</i>	<i>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ardahan Üniversitesi,</i>	<i>KADIN SAĞLIĞINDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAKIR

SESSION-1 HALL-9

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Doç. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN Yiğithan İMADOĞLU</i>	<i>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi,</i>	<i>KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA KÜLTÜREL PEYZAJ ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK BİR İNCELEME</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAKIR Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA</i>	<i>İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun Teknik Üniversitesi,</i>	<i>FİZİK BİLGİLİ AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA DESTEKLİ METAMALZEMELİ YAKIT KALİTE KONTROL ARAYÜZÜ TASARIMI</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAKIR Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA</i>	<i>İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun Teknik Üniversitesi,</i>	<i>AMORF InSe İNCE FİLMLEİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YANITININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI ÖNGÖRÜCÜ SHINY TASARIMI</i>
<i>Şerife Arzu ÇOPUR Prof. Dr. Fatma LATİFOĞLU</i>	<i>Erciyes Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi,</i>	<i>KARDİYAK ARREST GEÇİREN HASTALARIN NÖROLOJİK DURUMLARININ MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE TAHMİN EDİLMESİ</i>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Emre AKIN Çağla Ceren AYDIN</i>	<i>Marmara Üniversitesi, Marmara Üniversitesi</i>	<i>3 BOYUTLU FDM TİP YAZICI İLE ÜRETİLEN TERMOPLASTİK FİLMLE İLE TAKVİYE EDİLMİŞ KARBON FİBER/EPOKSİ KOMPOZİTLER</i>
<i>Yüksek Lisans Öğrencisi, Eren SEZER Doç. Dr. Mehmet KONAR</i>	<i>Erciyes Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi,</i>	<i>İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TESPİTİNDE YOLO TABANLI NESNE TESPİT SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Arş. Gör. Ahmet GÜRSEL

SESSION-1 HALL 10

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
YL. Öğrencisi Mehmet Turgay ÖZÇELİK, Doç. Dr. Osman HANSU, Prof. Dr. Mehmet Eren GÜLŞAN	Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi,	DEVELOPMENT OF NEW MORTAR BY UTİLİZİNG AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) AND PUMİCE BLOCK AS PARTIAL CEMENT REPLACEMENT
YL. Öğrencisi Mehmet EREZ Doç. Dr. Osman HANSU Prof. Dr. Nildem TAYŞİ	Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi,	EFFECT OF WASTE BRICK AND CERAMIC POWDERS ON THE MECHANICAL, WORKABILITY, AND WATER ABSORPTION PROPERTIES OF CEMENT-BASED MIXTURES
Tohid İSMAYİLOV	Karabük Üniversitesi,	YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU VE MPPT TABANLI FOTOVOLTAİK SİSTEM OPTİMİZASYONU: MATLAB/SIMULINK UYGULAMASI
Arş. Gör., Ahmet GÜRSEL Akın ÇELEBİ Prof. Dr., Ali Hakan IŞIK	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur,	SIFIR-ÖRNEKLİ (ZERO-SHOT) GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMADA CLIP MODELLERİNİN SİSTEMATİK DEĞERLENDİRİLMESİ: PROMPT TASARIMI, MODEL ÖLÇEĞİ VE GÜVEN KALİBRASYONU
Arş. Gör., Ahmet GÜRSEL Kamil Batuhan CAN Hanıfcan TEZCAN Prof. Dr., Ali Hakan IŞIK	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur,	ARI KOVANI GİRİŞİNDE ÜÇ MODELLİ BİR KENAR YAPAY ZEKA SİSTEMİYLE ARI SAYIMI, POLEN VE VARROA DESTRUCTOR TESPİTİ

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan BOYACI

SESSION-1 HALL 11

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Müh., Muharrem İltan İNCEDERE Prof. Dr., Yavuz SUN,	Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi,	AlSi11MgSr DÖKÜM ALAŞIMINDA BEKLETME SÜRESİNE BAĞLI DEMİR (Fe) DİFÜZYONUNUN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ
Müh., Muharrem İltan İNCEDERE Prof. Dr., Yavuz SUN,	Karabük Üniversitesi, Karabük Üniversitesi,	ERBİYUM (Er) MODİFİYE EDİLMİŞ AlSi11MgSr ALAŞIMINDA DEMİR KONTAMİNASYONUNUN MODİFİKASYON SÖNÜMLEMESİ (FADING) ÜZERİNDEKİ ETKİSİ
Dr Kürşad UÇAR	Selcuk University,	ROBUST SOC ESTIMATION IN ELECTRIC VEHICLE BATTERIES USING A NOVEL LSTM- CNN HYBRID ARCHITECTURE UNDER VARYING THERMAL CONDITIONS
Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan BOYACI Yusuf ÇETİNARSLAN	Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi,	THE USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENGINEERING EDUCATION: ACADEMIC USAGE PATTERNS AND STUDENT PERCEPTIONS
Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan BOYACI Yaren ÇAKMAK	Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi,	AWARENESS AND ACTION LEVELS OF UNIVERSITY STUDENTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:00- 15:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğr. Üyesi Sinem Miraç ÖZTÜRK

SESSION-1 HALL 12

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Mert BAŞOĞLU	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi,	BRICS ÜLKELERİNDE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi, Sinem Miraç ÖZTÜRK Prof.Dr. Ersan ÇİFTÇİ Doç.Dr., Arzu TANRIVERDİ	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya İnönü Üniversitesi,	GİTAR EŞLİKLİ MÜZİK ÖĞRETİMİNİN ZİHİNSEL YETERSİZLİĞİ OLAN BİREYLERDE KATILIM VE PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi, Sinem Miraç ÖZTÜRK	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,	PACO DE LUCİA'NIN FLAMENCO GİTARININ GELİŞİMİNE VE GİTAR EĞİTİMİNE KATKILARININ İNCELENMESİ
MA Student, Mücahit YILMAZ Assoc. Prof. Burcu ÜNAL	İstanbul Gelişim University Yıldız Technical University,	EXPLORING LEXICAL DIVERSITY, SYNTACTIC COMPLEXITY, AND COHESION IN EFL STUDENTS' WRITING: A PROFICIENCY-LEVEL COMPARISON

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: KAMAL CAMALOV

SESSION-2 HALL-13

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
KAMAL CAMALOV	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan	ƏBÜLFƏZ MUXTAROĞLU YARADICILIĞINDA BƏDİİ SÖZÜN ESTETİK GÜCÜ
Gültəkin Atəş qızı Abdullayeva	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan	ELMİ MƏTNLƏRİN YAZILMASINA ANALİTİK YANAŞMA
B/m., Lale MUSAYEVA	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan	DİSLEKSİ VE OKUMA GÜÇLÜKLƏRİNİN DÜZELTME STRATEJİLERİ
Emil Raul oğlu Ağayev	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti	IX SİNİF TƏSVİRİ SƏNƏT DƏRSLİYİNDƏ XX ƏSR DÜNYA İNCƏSƏNƏTİNİN TƏDRİSİNİN DİDAKTİK İMKANLARI
DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-Bütöv Azərbaycan	TƏSƏVVÜF ƏDƏBİYYATI: MİRZƏ CAHANŞAH HƏQİQİNİN VƏSFLƏRİNDƏ CƏMALIN HÜSNÜ VƏ KƏLAMIN HEYRƏTİ
DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-Bütöv Azərbaycan	TÜRKÜN YENİ DÜNYADA YENİ ZAFER KALESİ – ÇANAKKALƏ İRADESİ
DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-Bütöv Azərbaycan	“NƏHCÜL-BƏLAĞƏ” TƏVİLLƏRİ: HZ.ƏLİNİN (Ə) BAXIŞLARINDA ”ƏL-EVVEL VƏ AXİR”İN MƏNA AÇARLARI
Aynur Zahir qızı Bədəlova	Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti	F. M. DOSTOYEVSKİNİN DÜNYAGÖRÜŞÜNÜN FORMALAŞMASI VƏ RUS İDEYASINA MÜNASİBƏTİ

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. AYGUN AHMADOVA

SESSION-2 HALL-14

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Pəri Paşayeva</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>XXI ƏSR BACARIQLARININ FORMALAŞDIRILMASI</i>
<i>Arzu Kərimova</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>QARABAĞ DİALEKTİNİN LEKSİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ</i>
<i>Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>RUS ÇOCUK EDEBİYATINDA TEMSİL TÜRÜNÜN TARİHİ</i>
<i>Qasımova Maya Rəhim qızı</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>İBTİDAİ SİNİF ŞAĞİRTLƏRİNİN NİTQİNDƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN LEKSİK- SEMANTİK NÖQSANLARIN SƏBƏBLƏRİ, TƏZAHÜR FORMALARI VƏ ARADAN QALDIRILMASI YOLLARI</i>
<i>Könül Məmmədova</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti</i>	<i>SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİLDƏ TƏTBİQİ İSTİQAMƏTLƏRİ</i>
<i>Gunel Shefiyeva</i>	<i>Azerbaijan State Pedagogical University,</i>	<i>NEW ISSUES IN LANGUAGE METHODOLOGY IN ENGLISH LANGUAGE TEACHING</i>
<i>Rəhilə Hümətova</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti</i>	<i>MİKAYIL AZAFLININ POEZİYASINDA İDEONİMLƏRİN SEMANTİK-FUNKSIONAL XÜSUSİYYƏTLƏRİ</i>
<i>Prof. Dr. Elman Quliyev</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>MÖVLANA CƏLALƏDDİN RUMİNİN HƏYATI VƏ YARADICILIĞI</i>
<i>Dr. Ülker Bahşıyeva</i>	<i>Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan</i>	<i>NİZAMİ GƏNCƏVİ YARADICILIĞINA ELMİ-TƏNQİDİ BAXIŞ</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Professor Dr. Laura Diaconu (Maxim)

SESSION-2 HALL-15

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Irina-Ana DROBOT</i>	<i>Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania</i>	<i>AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY THE FLOOD BY KOBO ABE</i>
<i>Irina-Ana DROBOT</i>	<i>Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania</i>	<i>AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY TANSU BY RYO HANMURA</i>
<i>Irina-Ana DROBOT</i>	<i>Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania</i>	<i>AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY BOKKO-CHAN BY SHINICHI HOSHI</i>
<i>Oluwanifemi Opeyemi AGOI Moses Adeolu AGOI Micheal Olayemi OLADUNJOYE Hendri Hermawan ADINUGRAHA</i>	<i>Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria. Lagos State University of Education, Lagos Nigeria. K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia</i>	<i>SMART MATERIALS AND INDUSTRY 4.0: THE INTEGRATION OF IT, AUTOMATION, AND INTELLIGENT MANUFACTURING</i>
<i>Professor Dr. Laura Diaconu (Maxim)</i>	<i>“Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Romania</i>	<i>ENTREPRENEURSHIP AS A DRIVER OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT IN ROMANIA</i>
<i>PhD, Petronela Daniela FERARU</i>	<i>National College Iași and “Ion Neculce” High School, Târgu Frumos, Romania,</i>	<i>EDUCATIONAL MERITOCRACY UNDER PRESSURE: SOCIAL MOBILITY, CULTURAL CAPITAL, AND THE RECONFIGURATION OF OPPORTUNITY IN CONTEMPORARY EUROPE</i>
<i>PhD, Petronela Daniela FERARU</i>	<i>National College Iași and “Ion Neculce” High School, Târgu Frumos, Romania,</i>	<i>NARRATIVES OF FUTURE MIGRATION: A CONTENT ANALYSIS OF EMERGING ASPIRATIONS, SOCIAL IMAGINARIES, AND CULTURAL EXPECTATIONS AMONG EUROPEAN YOUTH</i>
<i>Dilrabo Allayarova</i>	<i>Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan</i>	<i>ANALYSIS OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL PERFORMANCE IN THE MIRZACHUL REGION</i>
<i>Dilrabo Allayarova</i>	<i>Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan</i>	<i>INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL EFFICIENCY IN THE MIRZACHUL REGION OF UZBEKISTAN</i>
<i>Mohammed Waheeb</i>	<i>The Hashemite University, Jordan</i>	<i>PROPHETIC ARCHAEOLOGY IN THE ISLAMIC WORLD JORDAN AS A CASE STUDY</i>

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Dr. Kalim ULLAH

SESSION-2 HALL-16

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Asma FETTAH, Rania ZERARI, Lina ALLOUI, Hamida BOUSSEHEL, Abdehamide FOUGHALIA	Faculty of Exact Sciences, Department of Matter Science, univ-biskra Algeria.	DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SUSTAINABLE BIOCOMPOSITES REINFORCED WITH AGRICULTURAL WASTE FOR BUILDING APPLICATIONS
Farman Ullah, Dr Muhammad Shuaib, Dr Mubashir Hussain	Kohat University of Science and Technology Kohat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan	EFFECT OF DIETARY YEAST SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, BLOOD METABOLITES, AND FECAL MICROBIOTA IN GHILJO LAMBS.
Mrs. Dhanushya Nagarajan Dr. Koustav Sarkar Dr. Melvin George	Cancer Immunology and Gene Technology Lab, Kattankulathur, Chennai, Tamil Nadu India	IMPACT OF BRCA1 MODULATION IN IMMUNE REGULATION OF INVASIVE DUCTAL CARCINOMA (IDC)
Abdul Qadeer Khan Dr. Kalim Ullah	Kohat University of Science and Technology, Kohat,	MOLECULAR IDENTIFICATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILE OF LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM DAIRY PRODUCTS IN KOHAT, KHYBER PAKHTUNKHWA
Dr. Safaa Rhaimi Faima El hilah Soukaina Njili Aicha Rossafi	Ibn Tofail University, Morocco. Ibn Tofail University, Morocco	ANTIDIABETIC POTENTIAL OF SALVIA OFFICINALIS L.: A REVIEW OF CURRENT EVIDENCE
Dr. Safaa Rhaimi Hassna leknizi	Ibn Tofail University, Morocco. Ibn Tofail University, Morocco	IN VITRO ANTIDIABETIC ACTIVITY OF SALVIA OFFICINALIS L.: A REVIEW OF EXPERIMENTAL EVIDENCE
Adnan Khan	Kohat University of Science &Technology, Kohat Pakhtunkhwa, Pakistan	DEEP EUTECTIC SOLVENT BASED LIQUID- LIQUID MICROEXTRACTION OF NICKEL FROM AQUEOUS AND FOOD SAMPLES PRIOR TO SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS
Sharjeel Ahmed, Muhammad Anees, Imran Rauf	Kohat University of Science and Technology, Kohat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.	EVALUATION OF MOSQUITOCIDAL ACTIVITY OF COPPER NANOPARTICLES SYNTHESIZED FROM INDIGENOUS BACILLUS EXTRACTS AGAINST ANOPHELES LARVAE AND EGGS
Haseeb Khan, Abdul Rehman, Mubbashir Hussain	Kohat University of Science and Technology (KUST), Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.	EVALUATION OF INDIGENOUS BACTERIAL COMMUNITIES FOR THE BIODEGRADATION OF SYNTHETIC DYES IN DISTRICT KOHAT
Nimra Rashid, Dr. Malik Nawaz Shuja, Dr. Abdul Rehman1	Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.	BIOTRANSFORMATION OF TEXTILE DYE RESIDUES IN CONTAMINATED SOILS USING INDIGENOUS CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES (VETIVER GRASS)-RHIZOSPHERE BACTERIA

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Yuriy V. Lykholat

SESSION-2 HALL-17

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
NASIR ZIA DR. MUHAMMAD YAQOOB KHATTAK	Kohat University of Science and Technology, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan	INVESTIGATING STRUCTURAL, ELECTRONIC, ELASTIC, AND OPTICAL PROPERTIES OF NaXO_3 (X = Ge, Sn) PEROVSKITES USING DFT
Ms. Aziya Sabeer Mr. Jayashankar.J	DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India	INDIA-MIDDLE EAST-EUROPE ECONOMIC CORRIDOR (IMEC): BUSINESS IMPLICATIONS
Mr. V Vishnu Mr. Jayashankar.J	DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India	BRICS EXPANSION AND THE FUTURE OF INTERNATIONAL TRADE
Ms. Shahas Ahammed Mr. Jayashankar.J	DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India	INDIA'S ROLE IN THE GLOBAL SOUTH: ECONOMIC AND TRADE PERSPECTIVES
Ms. Arya. P Mr. Jayashankar.J	DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India	INDIA'S RISE AS A GLOBAL MANUFACTURING HUB: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES
Prof. Dr. Yuriy V. Lykholat, PhD Tetyana Y. Lykholat, Lecturer, Maksim O. Kvitko, Prof. Dr. O. A. Lykholat	Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine,	INDICATORS ASSESSMENT OF POLLUTION ACCUMULATION IN GRASS COVER AND LEAF FALL OF THE ECOSYSTEMS PRIDNIPROVSKA TPP OPERATION AREA
Mr. Fernando José de MEDEIROS NETO Prof. Dr. Mateus DAVID FINCO	Federal University of Paraíba, Brazil	THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE- BASED TOOLS ON THE CHESS DEVELOPMENT OF BEGINNERS
Prof. Dr. Mateus DAVID FINCO	Federal University of Paraíba, Brazil	POLITICAL AND CULTURAL DIMENSIONS OF BRAZIL IN THE FACE OF THE SINKING OF BRAZILIAN SHIPS IN WORLD WAR II
Muhammad Fayaz Khan	Kohat University of Science and Technology, Kohat, KP, Pakistan	SOLUTION OF TWO DIMENSIONAL LOCAL FRACTIONAL DIFFUSION PROBLEMS VIA ALTERNATING DIRECTION IMPLICIT SCHEME

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Sahzy Shakiralaiha

SESSION-2 HALL-18

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Sahzy Shakiralaiha	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	VOLLEYBALL FOR BEGINNERS: BUILDING FUNDAMENTAL SKILLS AND TEAMWORK
WENLLY HARNELL CHARLES	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	THE JOURNEY OF SELF-DISCOVERY AND HEALING THROUGH PLAYING THE GUITAR
ALDRO FERRE RAYNER	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	TECHNICAL SKILLS IN RUGBY: ENHANCING PERFORMANCE THROUGH MASTERY OF FUNDAMENTAL TECHNIQUES
REO BRANDON SUIH	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	THE ROLE OF BOBOHIZAN IN KADAZANDUSUN SOCIETY: PRESERVING CULTURAL IDENTITY AND TRADITIONAL KNOWLEDGE
CALVIN ALVIN ERWAN	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	FISHING WITH FRIENDS: STRENGTHENING SOCIAL BONDS THROUGH RECREATIONAL FISHING
CELVENGER ENRICO JENERIUS	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	WHY PEOPLE BECOME ADDICTED TO COFFEE: UNDERSTANDING THE EFFECTS OF CAFFEINE CONSUMPTION
FERDINAND OSMUND	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	GENERATION Z: CHARACTERISTICS, CHALLENGES, AND INFLUENCE IN MODERN SOCIETY
GARETH RANDALL GISIL	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	WHAT IF ANIMALS COULD TALK? EXPLORING THE IMPACT OF ANIMAL COMMUNICATION ON HUMAN SOCIETY
MUHAMMAD HAKIMI BIN AHMAD THADZUDDIN	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	HUMANITARIAN CRISES IN PALESTINE: CHALLENGES, CONSEQUENCES, AND THE NEED FOR GLOBAL ACTION
FREDDY PATRIC CLEMENT	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	HEALTHY WATER DRINKING PRACTICES: PROMOTING HYDRATION FOR BETTER HEALTH AND WELL-BEING
JASON OLIVER JOHNNY	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	STOP FEELING INSECURE: BUILDING SELF-CONFIDENCE AND POSITIVE SELF-WORTH
JOSHNOEL FRANCIS	Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia	THE IPHONE 20 PRO MAX: EXPLORING THE FUTURE OF SMARTPHONE INNOVATION

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Dr. R. Gowri

SESSION-2 HALL-19

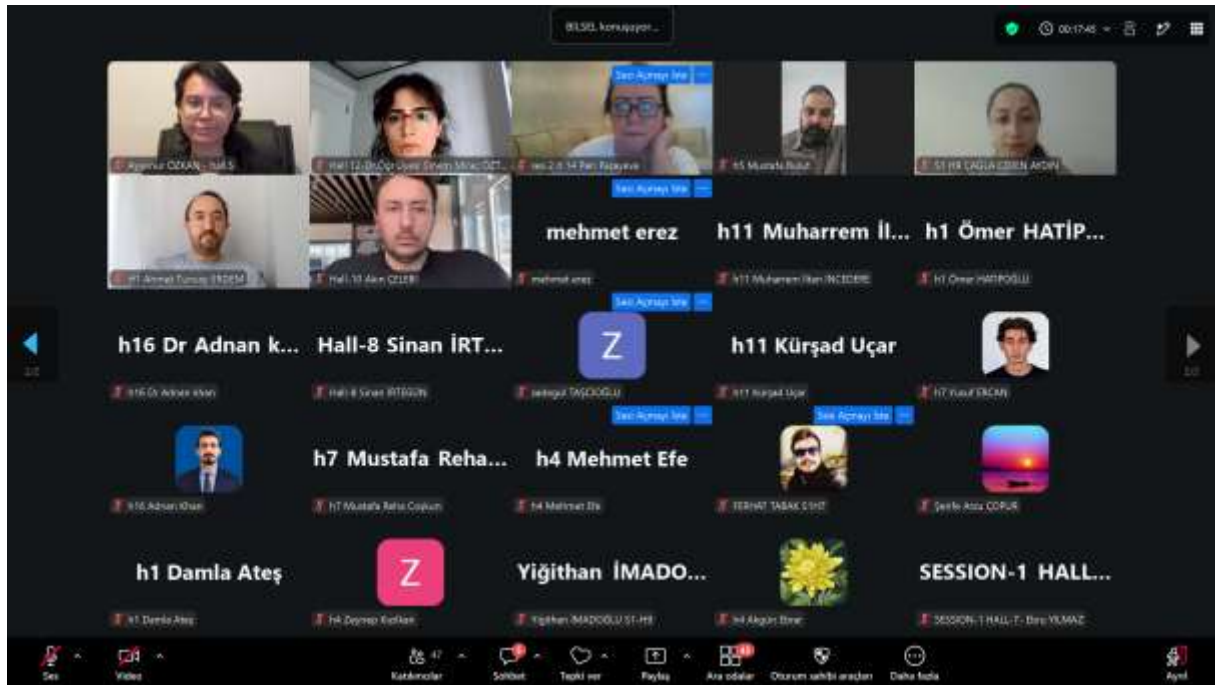
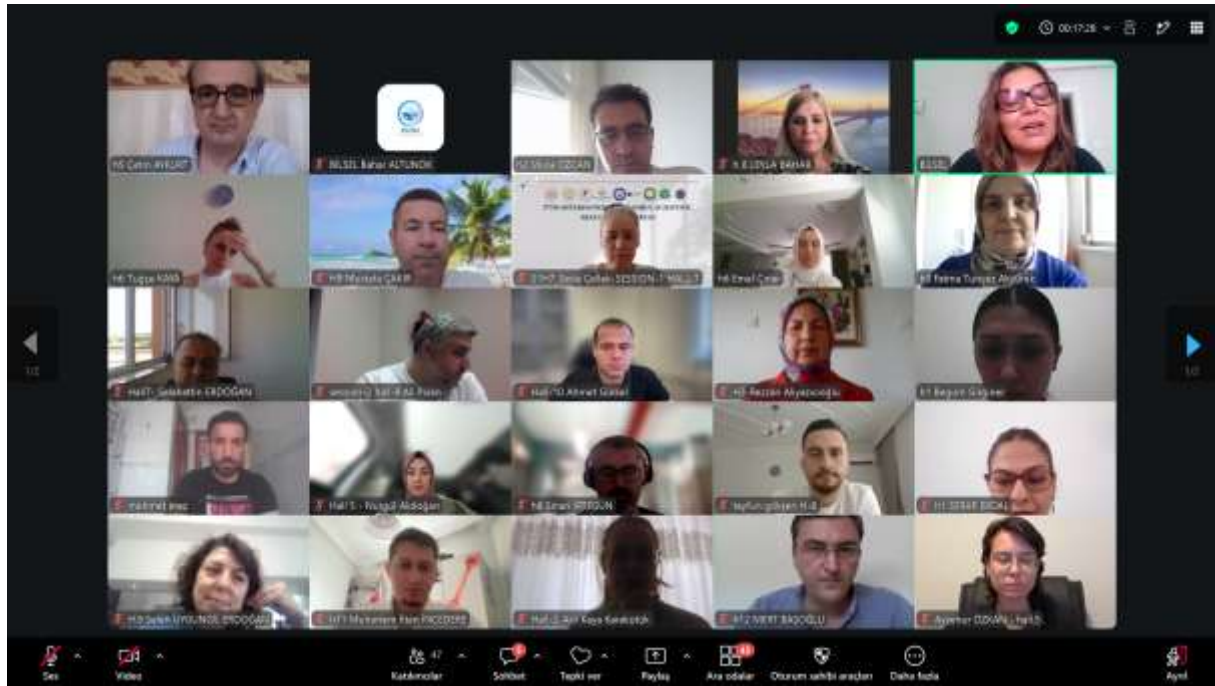
AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Ar. Urwa Tariq,	Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore.	BEYOND MEDICAL TREATMENT: THE TRANSFORMATIVE ROLE OF HEALING GARDENS IN PROMOTING MENTAL WELL- BEING AND PATIENT RECOVERY
MSc Ivanka HADŽIĆ, Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ	Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia,	HEALTH IMPORTANCE OF FIBROMA IN HIGH DAIRY COWS
Parthasarathi.V, Sriram.R Dr.R.Devi	Bharath Institute Of Higher Education And Research, Chennai, Tamilnadu, India	SATURATION OF PLASMA PROTEIN BINDING
Dr R Gowri, Dr A.Umar Faruksha, R.Esther Grace, G.Aarthi, E G.Perarasan, G.Ragul, I.Abiraj	GRT Institute of Pharmaceutical Education and Research,Tiruttani India	ONYCHOMYCOSIS: FROM PATHOGENESIS TO NOVEL THERAPEUTIC STRATEGIES
Ilvi Begolli Dhimitraq Skenderi	University of Sports, Tirana, Albania	ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY AND PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION BEFORE RETURNING TO SPORT: ASSESSMENT IN AMATEUR AND PROFESSIONAL ATHLETES
Ilvi Begolli Dhimitraq Skenderi	University of Sports, Tirana, Albania	THE ROLE OF PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION IN SAFE RETURN TO SPORT FOLLOWING ATHLETIC INJURY: A NARRATIVE REVIEW WITH FOCUS ON ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION
Mariam Noreen, Waheed Ullah	Kohat University of Science & Technology Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan	ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF GRAM- NEGATIVE UROPATHOGENS ISOLATED FROM INFERTILE FEMALES WITH URINARY TRACT INFECTIONS
Wajahat Ali Dr. M. Altaf Khan Dr. Sana Ullah Khan Dr. Amjad Mehmood	Kohat University Of Science & Technology, Kohat, Pakistan	AN ADVANCED FACE AGING AND RECOGNITION SYSTEM FOR MISSING PERSONS IDENTIFICATION USING DIFFUSION MODELS AND VISION TRANSFORMERS

04.07.2026
TÜRKİYE Local Time:13:30- 15:30

HEAD OF SESSION: Eva Tia PUTRI

SESSION-2 HALL-20

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
<i>Pramadyatama Isriezha</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia,</i>	<i>ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT AS A STRATEGY FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE GROWTH IN INDONESIA</i>
<i>Agista Eka Pratiwi Muhammad Adhie Massardy</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia,</i>	<i>THE ROLE OF RELIGIOUS VALUES IN THE PROCESS OF SOCIAL CHANGE</i>
<i>Eva Tia Putri</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia</i>	<i>THE EFFECTIVENESS OF THE PROFIT-SHARING SYSTEM AS AN ALTERNATIVE TO THE INTEREST-BASED SYSTEM: AN ISLAMIC ECONOMICS PERSPECTIVE</i>
<i>Suzanna Sofyan Syahnur Muhammad Nasir</i>	<i>Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia,</i>	<i>THE EFFECT OF VILLAGE FUNDS ON ECONOMIC GROWTH IN ACEH PROVINCE</i>
<i>Elisa Ismi Nazamuddin Miksalmina</i>	<i>Syiah Kuala University, Indonesia, Syiah Kuala University, Indonesia,</i>	<i>WOMEN'S AND HOUSEHOLD CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH EMPLOYMENT IN AGRICULTURAL AND NON-AGRICULTURAL SECTORS: EVIDENCE FROM ACEH PROVINCE, INDONESIA</i>
<i>Pramadyatama Isriezha</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia</i>	<i>ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT: STRATEGIES FOR ACHIEVING SUSTAINABLE AND INCLUSIVE GROWTH IN NATIONAL AND INTERNATIONAL CONTEXTS</i>
<i>M. Najmuddin</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia</i>	<i>FROM CHEAP LABOR TO PRECISION INDUSTRY: SHIFTING COMPARATIVE ADVANTAGES TO ESCAPE MIDDLE-INCOME TRAPS</i>
<i>Tasya Naelun Najjah</i>	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Indonesia</i>	<i>IMPLEMENTATION OF SHARIA FINANCIAL ACCOUNTING STANDARDS (PSAK SYARIAH) TO ENHANCE TRANSPARENCY AND ACCOUNTABILITY OF ISLAMIC BANKS' FINANCIAL REPORTING IN INDONESIA</i>



30:00:06

BİLSEL

Beril Beyza Peks...

5 katılımcı katılıyor

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tebliğler Paylaş Ara Odalar Oturum yönetimi aracıları Daha fazla Oturma çubukları

30:00:07

BİLSEL

KURAMSAL ÇERÇEVE

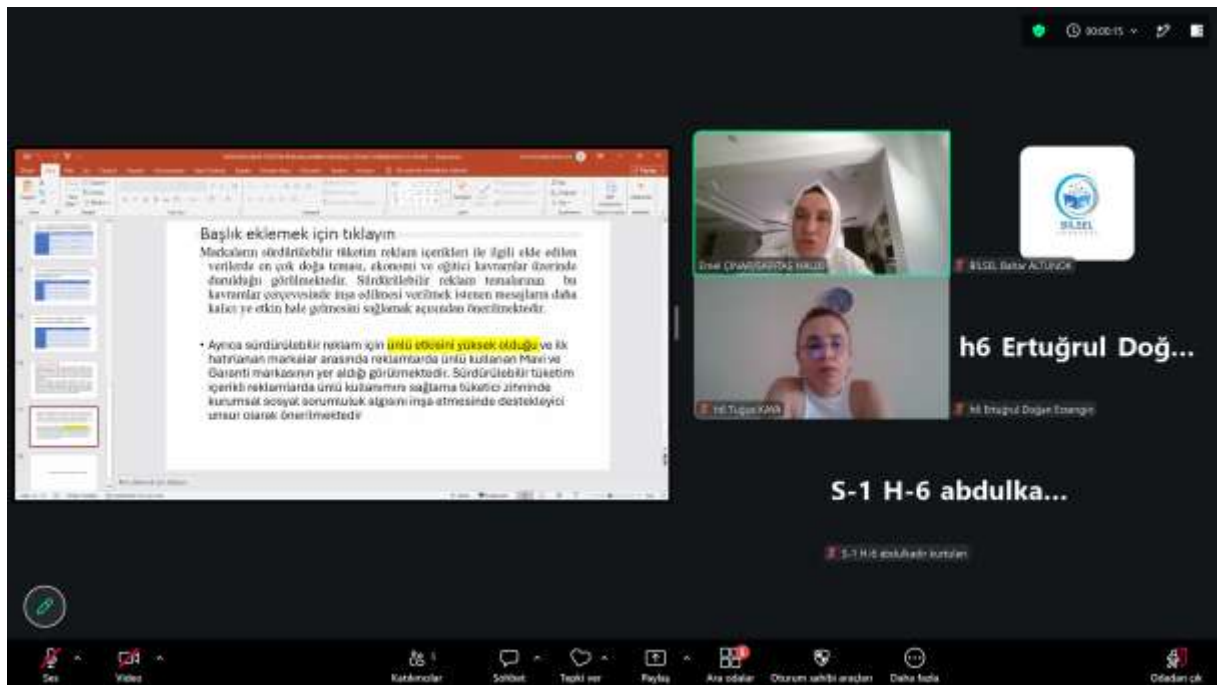
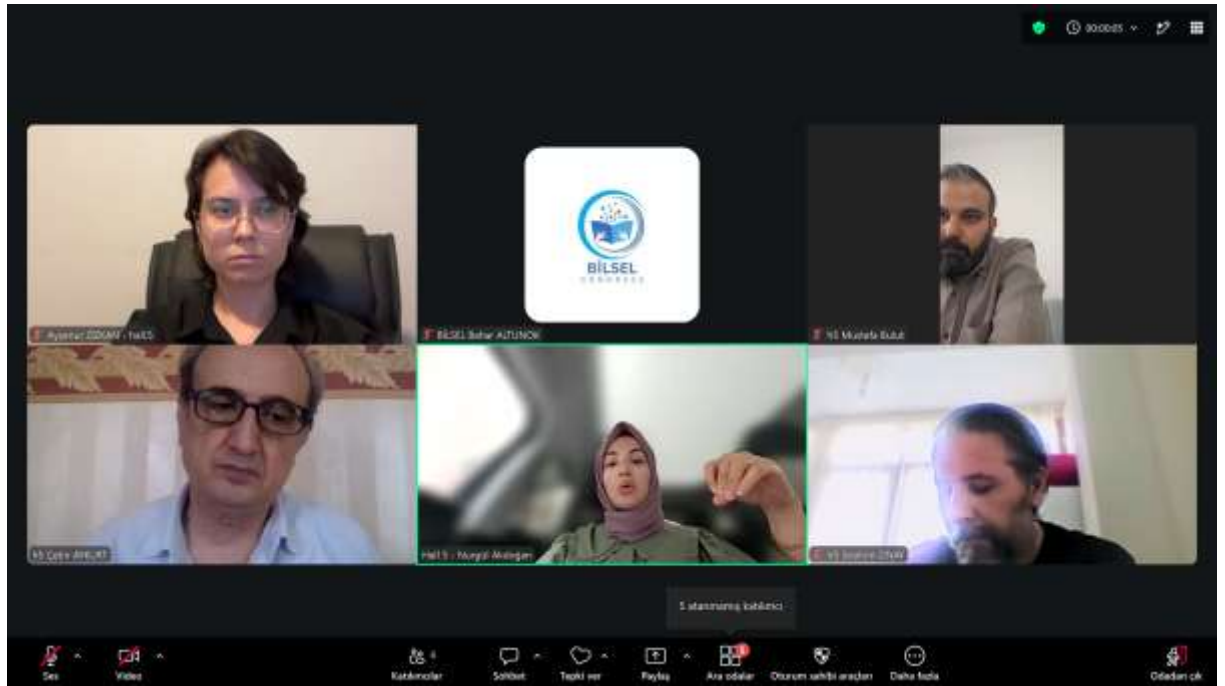
1. Psikolojik Sağlık

2. İş Stresi

3. Bilgisel Esneklik

5 katılımcı katılıyor

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tebliğler Paylaş Ara Odalar Oturum yönetimi aracıları Daha fazla Oturma çubukları



300004

Conclusion

Overall, utilizing fish waste for bioplastic production presents a dual benefit: mitigating environmental impact while creating functional, biodegradable alternatives to conventional plastics.

SESSION-1 HALL...

h7 Mustafa Reha...

SESSION-1 HALL-1: EKA YUMAK

8 oturumun katılımcıları

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Araçlar Oturum sahibi araçları Daha fazla Oturum çık

300004

Klinik Kullanım Alanları:

- Implant Biyopolimeri (Absorbent / Flattör) PEEK'in elastisite modülü (yaklaşık 3-4 GPa) insan kortikal kemiğine yakın olup stres kalitesi etkisiyle ağızta osseointegrasyonu destekleyebilir (PEEK absorbent revüve), koruyucu, osseointegrasyonun problemleri ve ağızda kullanılabilir gibi gelecekteki absorbent sistemlerinin değerlendirilmesine karşı PEEK absorbentler, kolayca çıkarılabilir bir alternatif sunmaktadır (Cunha, 2020). Sınırlama olarak, PEEK'in çığırma kuvvetlerine dayanımı dayanım kadar yüksek olmadığından, görünümde PEEK absorbentler ağızda geçici restorasyonlarda tercih edilmektedir (Cunha, 2020; PEEK Biomaterial Review, 2022).

SESSION-1 HALL-1: EKA YUMAK

8 oturumun katılımcıları

Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Araçlar Oturum sahibi araçları Daha fazla Oturum çık

Kültürel Miras Bağlamında Kültürel Peyzaj Çalışmalarına İlişkin Bibliyometrik Analizler

Analiz Çalışmaları



Tümleşik K17 matrisinden en az 30 KM olan matrisi seçtik 100
28 matrisi seçtik
9 Kilitli 30 bağlandı

Yıl	Yazar	Yayın	Yayın Türü	KF
2011	Yılmaz, S.	2011	Yayın	2011
2012	Yılmaz, S.	2012	Yayın	2012
2013	Yılmaz, S.	2013	Yayın	2013
2014	Yılmaz, S.	2014	Yayın	2014
2015	Yılmaz, S.	2015	Yayın	2015
2016	Yılmaz, S.	2016	Yayın	2016
2017	Yılmaz, S.	2017	Yayın	2017
2018	Yılmaz, S.	2018	Yayın	2018
2019	Yılmaz, S.	2019	Yayın	2019
2020	Yılmaz, S.	2020	Yayın	2020
2021	Yılmaz, S.	2021	Yayın	2021
2022	Yılmaz, S.	2022	Yayın	2022
2023	Yılmaz, S.	2023	Yayın	2023
2024	Yılmaz, S.	2024	Yayın	2024
2025	Yılmaz, S.	2025	Yayın	2025
2026	Yılmaz, S.	2026	Yayın	2026
2027	Yılmaz, S.	2027	Yayın	2027
2028	Yılmaz, S.	2028	Yayın	2028
2029	Yılmaz, S.	2029	Yayın	2029
2030	Yılmaz, S.	2030	Yayın	2030








S1 H9 ÇAĞLA CE...



S1 H9 ÇAĞLA CERDİYAN



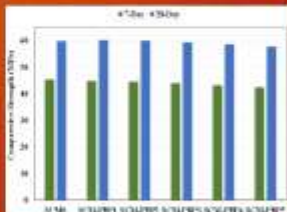
h9 Doç. Dr. Meh...



S1-H9 Yigithan İ...

PBP Compressive Strength Test Results

- At low replacement, PBP exceeded the control 60.44 MPa to reach 69.22 MPa and 68.05 MPa.
- Even at maximum replacement, the 28-day strength closed high at 57.81 MPa, representing a mere 1.5% reduction.
- Distorted by physical microvoid filling and chemical reactions where anaphase often forms secondary long-term C-S-H strength phases.
- While AAC mixtures show a steady decline due to inert filler behavior, porous actively participate in hydration reactions to maintain binder stability over time.









H9-10 Alireza Günel



H9-10 Alireza Günel



H9-10 Alireza Günel



H9-10 Alireza Günel

Erbiyum İlavesi ve Fading Testi

Modifikasyon Amacı

- Al-Si döküm alaşımlarında kaba ötektik silisyum, sünekliği kıstırır. Nadir toprak elementi olan Erbiyum (Er), silisyumu incelterek özellikleri iyileştiren güçlü bir modifikatördür.

Sönümlenme (Fading)

- Erbiyumun yüksek oksijen afinitesi nedeniyle, uzun bekleme sürelerinde sıvı metale difüze olan Fe rekabeti, modifikasyon etkisinin oksitlenerek sönümlenmesine neden olur.

h11 Muharrem İl...

h11 Muharrem İl...



BİLEL BİLİM AKADEMİ

session-1 hall-11...

session-1 hall-11...

Y

h11 Kürşad Uçar Yaren Çakmak h...

h11 Kürşad Uçar Yaren Çakmak h...

8 katılımcı katılıncı

Sev Video Katılımcılar Sohbet Tebliğler Paylaş Araçlar Oturum yöneticileri Daha fazla Oturum çık

Thank you for your attention. Questions?

h11 Kürşad Uçar

h11 Kürşad Uçar



BİLEL BİLİM AKADEMİ

h11 Kürşad Uçar

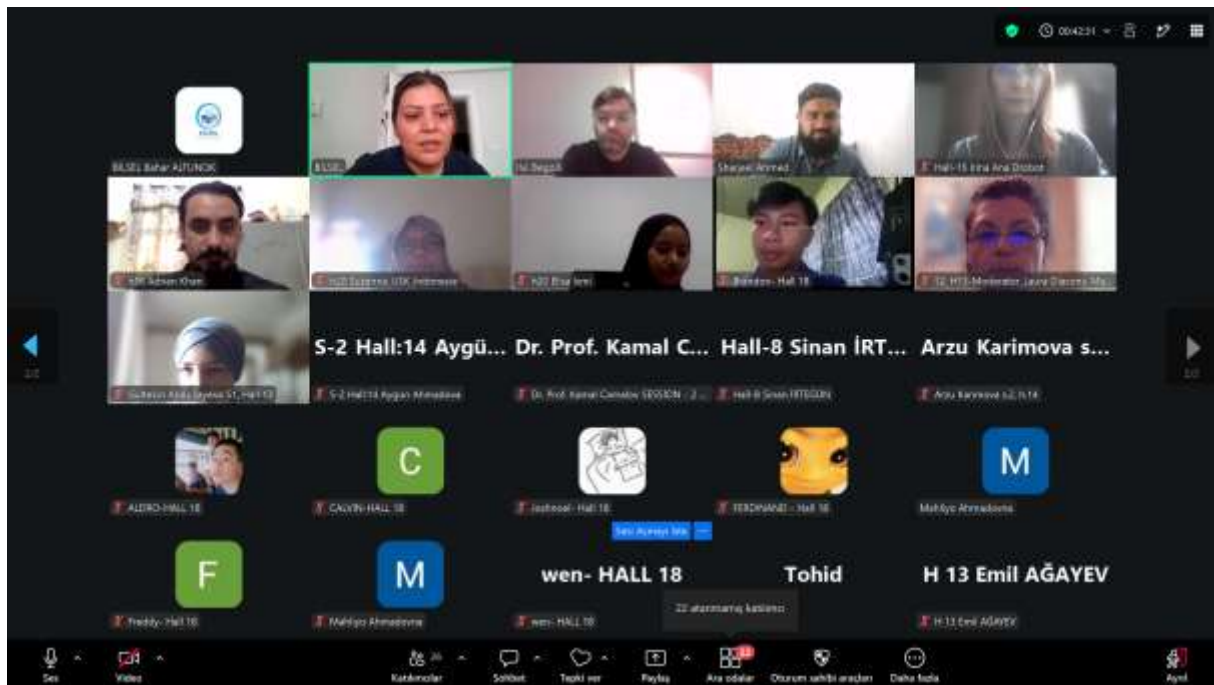
h11 Kürşad Uçar

h11 Kürşad Uçar

h11 Kürşad Uçar

8 katılımcı katılıncı

Sev Video Katılımcılar Sohbet Tebliğler Paylaş Araçlar Oturum yöneticileri Daha fazla Oturum çık



30:00:07



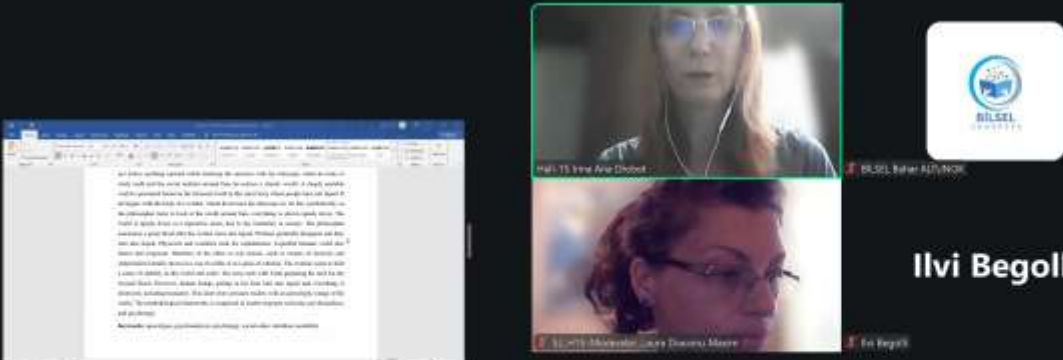
Arzu Karimova s... Hall 14 -Gunel S... Samsung SM-A...

S 2 H 14 Rəhilə...

30:00:08

Sev, Video, Katılımcılar, Söhbət, Tezli ver, Paylaş, Araçlar, Oturma sahəsi açılır, Daha fazla, Odaqlar

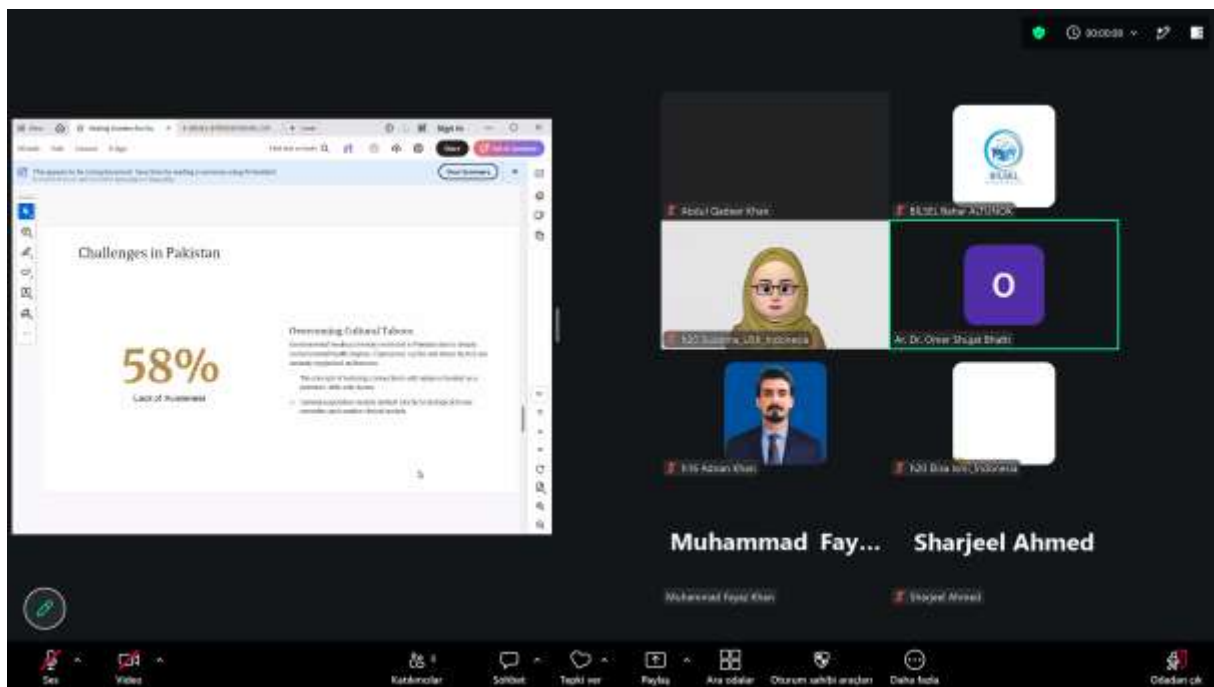
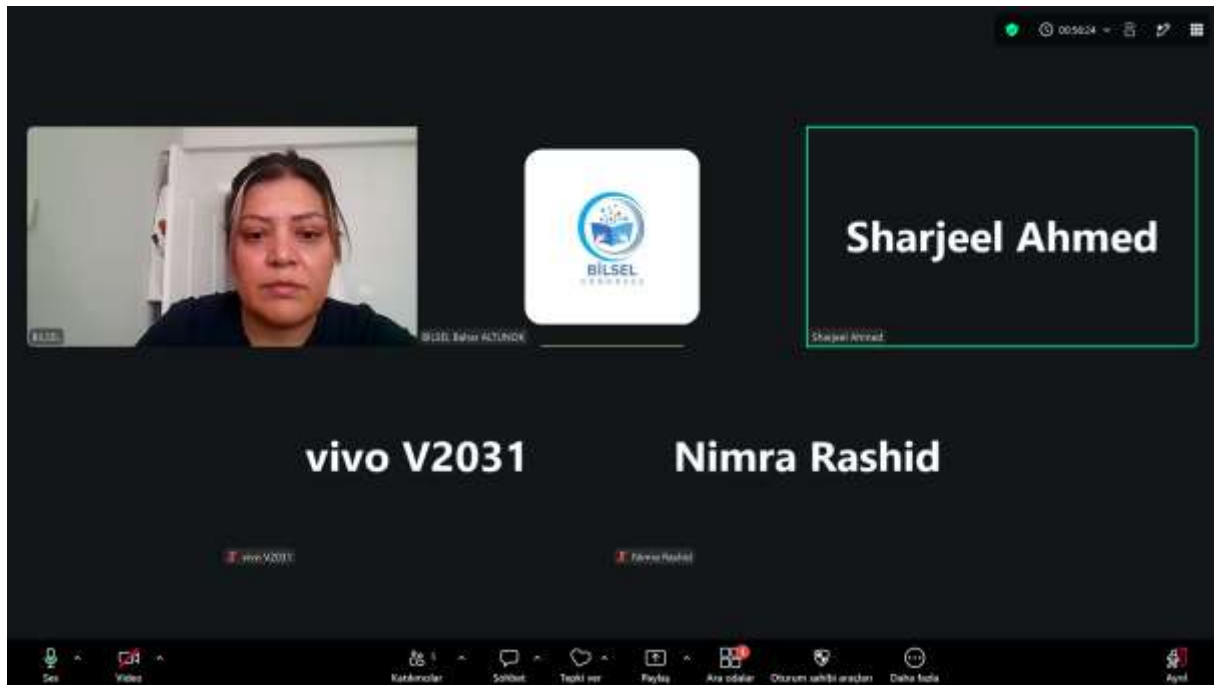
30:00:08

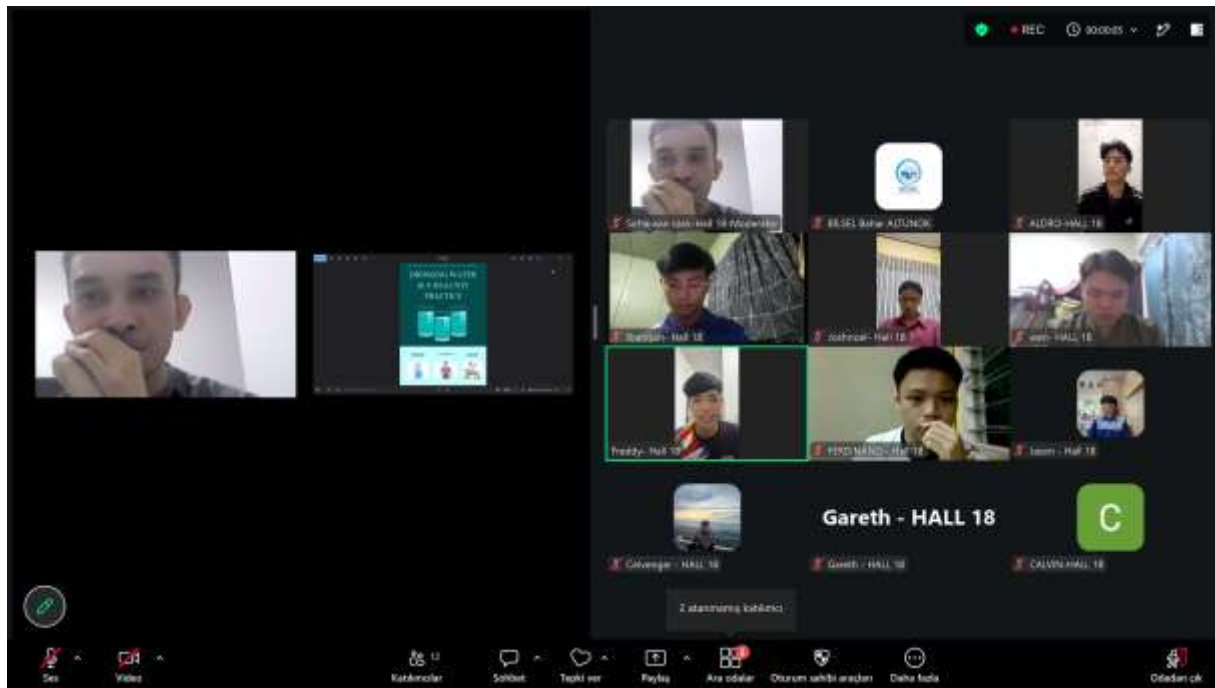


MATEUS DAVID... SESSION-2 HAL...

30:00:09

Sev, Video, Katılımcılar, Söhbət, Tezli ver, Paylaş, Araçlar, Oturma sahəsi açılır, Daha fazla, Odaqlar





İÇİNDEKİLER/CONTENTS

KAYNAK VE TRANSİT ÜLKELERDEN AVRUPA BİRLİĞİ'NE GÖÇÜN ANATOMİSİ: MISIR VE LİBYA ÖRNEĞİNDE AB'NİN ÇEKME FAKTÖRLERİ VE YASAL ÇIKMAZLARI.....	9
ALGILANAN AŞIRI NİTELİKLİLİK BAŞLIKLİ TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ.....	29
ÜNİVERSİTE ÇALIŞANLARININ AŞIRI NİTELİKLİLİK ALGILARININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA: KONYA İLİ ÖRNEĞİ	43
SOSYAL MEDYADA KADIN KİMLİĞİ VE TOKSİK POZİTİFLİK: GÖSTERGEBİLİMSEL BİR ANALİZ	51
SUÇLULUK KISKACINDA İŞ TATMİNİ: ÖZ BELİRLEME KURAMI ÇERÇEVESİNDE ANNE İSTİHDAM SUÇLULUĞU	53
SENARYO YAZIM SÜREÇLERİNDE BÜYÜK DİL MODELLERİ'NİN (LLM) KULLANIMI VE PROMPT MÜHENDİSLİĞİ ÜZERİNE METODOLOJİK BİR ÇERÇEVE	55
FİLAMENT SARIM YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN KOMPOZİT BORULARDA ELYAF HACİM ORANININ DENEYSEL ANALİZİ.....	74
FİLAMENT SARIMLI HİBRİT KOMPOZİT BORULARIN RADYAL SERTLİK PERFORMANSININ PS VE SF PARAMETRELERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	82
THE USE OF PIV AND DIC METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING	92
THE EFFECT OF GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT ON PIPE-SOIL INTERACTION ON SLOPED SOILS: A REVIEW	104
AN INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF WAVELET POOLING IN IMAGE CLASSIFICATION UNDER NOISE	114
EPILEPTIC SEIZURE DETECTION USING A TRAINABLE MORLET WAVELET-LAYERED DEEP LEARNING MODEL	121
THE EFFECT OF USING HIGH LEVELS OF FUMARIC ACID AND TARTARIC ACID IN THE DIET ON THE PERFORMANCE, SLAUGHTERING CHARACTERISTICS AND BONE PARAMETERS OF GROWING QUAILS	127
7-10 YAŞ KUR'AN KURSLARININ DEĞERLER EĞİTİMİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ.....	136
EVALUATION OF THE CLINICAL AND LABORATORY FINDINGS OF PATIENTS WITH MYCOSIS FUNGOIDES: PRELIMINARY FINDINGS FROM A SINGLE-CENTER CROSS-SECTIONAL STUDY	138
RATIO OF SECOND FINGER LENGTH TO FOURTH FINGER LENGTH (2D:4D RATIO) IN PATIENTS WITH HIDRADENITIS SUPPURATIVA	140
INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NUTRITION AND INFERTILITY	142
INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LEPTIN AND BREAST CANCER	147
NAR ATIKLARININ ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ VE GIDA KATKI MADDESİ OLARAK	

DEĞERLENDİRİLMESİ.....	153
ÖĞRETMENLERİN PSİKOLOJİK SAĞLAMLIK DÜZEYLERİ İLE İŞ STRESİ DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE BİLİŞSEL ESNEKLİĞİN ARACI ROLÜ	163
ENTELEKTÜEL SERMAYENİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖLÇÜLMESİ.....	165
CROSS-CULTURAL E-COMMERCE MARKETING: A BIBLIOMETRIC TREND AND NETWORK ANALYSIS.....	172
ETHICAL ISSUES IN ALGORITHMIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT.....	193
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DUYGU DÜZENLEME BECERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR PSİKOEĞİTİM PROGRAMI.....	208
YÜKSEKÖĞRETİMDE YAPAY ZEKÂNIN KURUMSALLAŞMASI: YÖNETİŞİM, ETİK VE STRATEJİK HAZIRLIK.....	210
KUTSALIN ESTETİK TEZÂHÜRÜ: DİN VE SANATIN ONTOLOJİK BİRLİKTELİĞİ	212
SOĞDİANA VE SOĞDLARDA BUDİZM	214
SOĞDLARDA DANS, MÜZİK VE EĞLENCE KÜLTÜRÜ	225
ANTANDROS MEZAR SUNAKLARI IŞIĞINDA BATI ANADOLU'DA MEZAR SUNAKLARI.....	234
HENDESE-İ MÜLKİYE MEKTEBİ.....	236
DARÜLMUALLİMİN.....	238
İNCE MEMED ROMANINDA İKİLEMELERİN KULLANIMI (DİL VE ÜSLUP).....	240
SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM REKLAMLARININ KURUMSAL SOSYAL SORUMLULUK VE GÜVEN ALGISI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	242
KADINLARIN TARIMSAL İŞGÜCÜNE KATILIMININ TARIMSAL GELİŞME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELER ÜZERİNE BİR PANEL VERİ ANALİZİ.....	253
DİJİTAL PAZARLAMA VE YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ	261
1994–2026 YILLARI ARASINDAKİ SOSYAL PAZARLAMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE DAİR AKADEMİK YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK İNCELEMESİ.....	274
EŞYA HUKUKUNDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLKESİ: MÜLKİYET HAKKININ ÇEVRESEL SINIRLARI	286
TÜKETİCİ SÖZLEŞMELERİNDE KİŞİSEL VERİLERİN KARŞI EDİM OLARAK KULLANILMASI	288
BIOPLASTIC PRODUCTION FROM FISHERY WASTE: CIRCULAR ECONOMY APPROACHES AND RECENT ADVANCES	290
QUANTIFYING THE IMPACT OF DISASTER EVENTS ON OCCUPATIONAL ACCIDENT DATA: A CLUSTER ANALYSIS APPROACH	291
UNCOVERING THE ERGONOMICS–ACCIDENT NEXUS: A MULTIDIMENSIONAL ANALYTICAL REVIEW IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY	303

AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY AHP MODEL FOR R&D INVESTMENT AREA SELECTION IN THE DEFENSE INDUSTRY	317
İŞHAL SAĞALTIMI UYGULANAN BİR SIĞIR İŞLETMESİNDE ZOONOTİK KARAKTERDEKİ STEC, EPEC VE EHEC <i>ESCHERİCHİA COLİ</i> SUŞLARININ SAÇILIMI, ANTİBİYOTİK DİRENÇ PROFİLLERİ, KLONAL YAKINLIKLARI	329
PEEK (POLİETER ETER KETON) MATERYALİNİN DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIMI	338
TEMPOROMANDİBULAR EKLEM (TME) HASTALIKLARI	342
BEYNİN MOLEKÜLER İLETİŞİM AĞI: EKSOZOMLARIN NÖROİNFLAMASYON VE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDAKİ ÇOK YÖNLÜ ROLÜ.....	346
MEZENKİMAL KÖK HÜCRE KAYNAKLI EKSOZOMLAR: HÜCRESİZ REJENERATİF TEDAVİLERDE YENİ BİYOLOJİK PLATFORMLAR.....	353
OBSTETRİK ŞİDDET VE KADIN SAĞLIĞI HEMŞİRELERİNİN ROLÜ	360
KADIN SAĞLIĞINDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI.....	365
KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA KÜLTÜREL PEYZAJ ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK BİR İNCELEME	370
FİZİK BİLGİLİ AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA DESTEKLİ METAMALZEMELİ YAKIT KALİTE KONTROL ARAYÜZÜ TASARIMI	391
AMORF InSe İNCE FİLMLEİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YANITININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI ÖNGÖRÜCÜ SHINY TASARIMI	399
KARDİYAK ARREST GEÇİREN HASTALARIN NÖROLOJİK DURUMLARININ MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE TAHMİN EDİLMESİ	408
3 BOYUTLU FDM TİP YAZICI İLE ÜRETİLEN TERMOPLASTİK FİLMLE İLE TAKVİYE EDİLMİŞ KARBON FİBER/EPOKSİ KOMPOZİTLE	427
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TESPİTİNDE YOLO TABANLI NESNE TESPİT SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI	429
DEVELOPMENT OF NEW MORTAR BY UTILIZING AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) AND PUMICE BLOCK AS PARTIAL CEMENT REPLACEMENT.....	436
EFFECT OF WASTE BRICK AND CERAMIC POWDERS ON THE MECHANICAL, WORKABILITY, AND WATER ABSORPTION PROPERTIES OF CEMENT-BASED MIXTURES.....	458
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU VE MPPT TABANLI FOTOVOLTAİK SİSTEM OPTİMİZASYONU: MATLAB/SIMULINK UYGULAMASI.....	471
SIFIR-ÖRNEKLİ (ZERO-SHOT) GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMADA CLIP MODELLERİNİN SİSTEMATİK DEĞERLENDİRİLMESİ: PROMPT TASARIMI, MODEL ÖLÇEĞİ VE GÜVEN KALİBRASYONU	473
ARI KOVANI GİRİŞİNDE ÜÇ MODELLİ BİR KENAR YAPAY ZEKÂ SİSTEMİYLE ARI SAYIMI, POLEN VE VARROA DESTRUCTOR TESPİTİ.....	487

AlSi11MgSr DÖKÜM ALAŞIMINDA BEKLETME SÜRESİNE BAĞLI DEMİR (Fe) DİFÜZYONUNUN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ	501
ERBİYUM (ER) MODİFİYE EDİLMİŞ AlSi11MgSr ALAŞIMINDA DEMİR KONTAMİNASYONUNUN MODİFİKASYON SÖNÜMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	504
ROBUST SOC ESTIMATION IN ELECTRIC VEHICLE BATTERIES USING A NOVEL LSTM-CNN HYBRID ARCHITECTURE UNDER VARYING THERMAL CONDITIONS.....	508
THE USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENGINEERING EDUCATION: ACADEMIC USAGE PATTERNS AND STUDENT PERCEPTIONS	529
AWARENESS AND ACTION LEVELS OF UNIVERSITY STUDENTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS	543
BRICS ÜLKELERİNDE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	554
GİTAR EŞLİKLİ MÜZİK ÖĞRETİMİNİN ZİHİNSEL YETERSİZLİĞİ OLAN BİREYLERDE KATILIM VE PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	556
PACO DE LUCÍA'NIN FLAMENKO GİTARININ GELİŞİMİNE VE GİTAR EĞİTİMİNE KATKILARININ İNCELENMESİ.....	568
EXPLORING LEXICAL DIVERSITY, SYNTACTIC COMPLEXITY, AND COHESION IN EFL STUDENTS' WRITING: A PROFICIENCY-LEVEL COMPARISON.....	576
ƏBÜLFƏZ MUXTAROĞLU YARADICILIĞINDA BƏDİİ SÖZÜN ESTETİK GÜCÜ.....	588
ELMİ MƏTNLƏRİN YAZILMASINA ANALİTİK YANAŞMA	596
DİSLEKSİ VE OKUMA GÜÇLÜKLERİNİN DÜZELTME STRATEJİLERİ	597
IX SİNİF TƏSVİRİ SƏNƏT DƏRSLİYİNDƏ XX ƏSR DÜNYA İNCƏSƏNƏTİNİN TƏDRİSİNİN DİDAKTİK İMKANLARI	599
TƏSƏVVÜFÜN MERİDİAN ÜFÜQLƏRİ: KIBRISLI ŞAİR ƏLİ HANDİNİN ÜRFANİ SİRLƏRİNDƏ AĞIL VE MƏCNUNLUQ	605
TÜRKÜN YENİ DÜNYADA YENİ ZAFER KALESİ –ÇANAKKALƏ İRADESİ	620
“NƏHCÜL-BƏLAĞƏ” TƏVİLLƏRİ: HZ.ƏLİNİN (Ə) BAXIŞLARINDA ”ƏL-EVVEL VƏ ƏL-AXİR”İN MƏNA AÇARLARI	636
F. M. DOSTOYEVSKİNİN DÜNYAGÖRÜŞÜNÜN FORMALAŞMASI VƏ RUS İDEYASINA MÜNASİBƏTİ.....	643
XXI ƏSR BACARIQLARININ FORMALAŞDIRILMASI.....	647
QARABAĞ DİALEKTİNİN LEKSİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ	653
RUS ÇOCUK EDEBİYATINDA TEMSİL TÜRÜNÜN TARİHİ	659
İBTİDAİ SİNİF ŞAĞIRDLƏRİNİN NİTQİNDƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN LEKSİK-SEMANTİK NÖQSANLARIN SƏBƏBLƏRİ, TƏZAHÜR FORMALARI VƏ ARADAN QALDIRILMASI YOLLARI	666

SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİLDƏ TƏTBİQİ İSTİQAMƏTLƏRİ	670
NEW ISSUES IN LANGUAGE METHODOLOGY IN ENGLISH LANGUAGE TEACHING	672
MİKAYİL AZAFLININ POEZİYASINDA İDEONİMLƏRİN SEMANTİK-FUNKSIONAL XÜSUSİYYƏTLƏRİ.....	674
MÖVLANA CƏLALƏDDİN RUMİNİN HƏYATI VƏ YARADICILIĞI	676
NİZAMİ GƏNCƏVİ YARADICILIĞINA ELMİ-TƏNQİDİ BAXIŞ	686
AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY THE FLOOD BY KOBO ABE	689
AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY TANSU BY RYO HANMURA	694
AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY BOKKO-CHAN BY SHINICHI HOSHI.....	698
SMART MATERIALS AND INDUSTRY 4.0: THE INTEGRATION OF IT, AUTOMATION, AND INTELLIGENT MANUFACTURING	701
ENTREPRENEURSHIP AS A DRIVER OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT IN ROMANIA	713
EDUCATIONAL MERITOCRACY UNDER PRESSURE: SOCIAL MOBILITY, CULTURAL CAPITAL, AND THE RECONFIGURATION OF OPPORTUNITY IN CONTEMPORARY EUROPE	714
NARRATIVES OF FUTURE MIGRATION: A CONTENT ANALYSIS OF EMERGING ASPIRATIONS, SOCIAL IMAGINARIES, AND CULTURAL EXPECTATIONS AMONG EUROPEAN YOUTH.....	715
ANALYSIS OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL PERFORMANCE IN THE MIRZACHUL REGION	716
INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL EFFICIENCY IN THE MIRZACHUL REGION OF UZBEKISTAN	719
PROPHETIC ARCHAEOLOGY IN THE ISLAMIC WORLD JORDAN AS A CASE STUDY.....	723
DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SUSTAINABLE BIOCOMPOSITES REINFORCED WITH AGRICULTURAL WASTE FOR BUILDING APPLICATIONS.....	724
EFFECT OF DIETARY YEAST SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, BLOOD METABOLITES, AND FECAL MICROBIOTA IN GHILJO LAMBS.....	725
IMPACT OF BRCA1 MODULATION IN IMMUNE REGULATION OF INVASIVE DUCTAL CARCINOMA (IDC)	727
MOLECULAR IDENTIFICATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILE OF LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM DAIRY PRODUCTS IN KOHAT, KHYBER PAKHTUNKHWA	728
ANTIDIABETIC POTENTIAL OF <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L.: A REVIEW OF CURRENT EVIDENCE	729
IN VITRO ANTIDIABETIC ACTIVITY OF <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L.: A REVIEW OF EXPERIMENTAL EVIDENCE	730

DEEP EUTECTIC SOLVENT BASED LIQUID-LIQUID MICROEXTRACTION OF NICKEL FROM AQUEOUS AND FOOD SAMPLES PRIOR TO SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS	731
EVALUATION OF MOSQUITOCİDAL ACTİVİTY OF COPPER NANOPARTİCLES SYNTHESİZED FROM İNDİGENOUS BACİLLUS EXTRACTS AGAİNST ANOPHELES LARVAE AND EGGS	732
EVALUATION OF İNDİGENOUS BACTERIAL COMMUNITİES FOR THE BİODEGRADATION OF SYNTHETIC DYES İN DİSTRİCT KOHAT	733
BİOTRANSFORMATION OF TEXTİLE DYE RESİDUES İN CONTAMİNATED SOİLS USİNG İNDİGENOUS CHRYSOPOGON ZİZANİOİDES (VETİVER GRASS)-RHİZOSPHERE BACTERİA	734
İNVESTİGATİNG STRUCTURAL, ELECTRONİC, ELASTİC, AND OPTICAL PROPERTİES OF NaXO_3 ($\text{X} = \text{Ge}, \text{Sn}$) PEROVSKİTES USİNG DFT	735
İNDİA-MİDDLE EAST-EUROPE ECONOMIC CORRIDOR (İMEC): BÜSİNESS İMPLİCATIONS	736
BRİCS EXPANSİON AND THE FUTURE OF İNTERNATİONAL TRADE	737
İNDİA'S RÖLE İN THE GLOBAL SOUTH: ECONOMIC AND TRADE PERSPECTİVES	738
İNDİA'S RİSE AS A GLOBAL MANUFACTURING HUB: OPPORTUNITİES AND CHALLENGES	739
İNDİCATORS ASSESMENT OF POLLUTİON ACCUMULATİON İN GRASS COVER AND LEAF FALL OF THE ECOSYSTEMS PRİDNİPROVSKA TPP OPERATİON AREA	740
THE İMPACT OF ARTİFİCİAL İNTELLİGENCE-BASED TOOLS ON THE CHESS DEVELOPMENT OF BİGGİNNERS	741
POLİTİCAL AND CULTURAL DİMENSİONS OF BRAZİL İN THE FACE OF THE SİNKİNG OF BRAZİLİAN SHİPS İN WORLD WAR II	742
SÖLUTİON OF TWO DİMENSİONAL LOCAL FRACTIONAL DİFFUSİON PROBLEMS VİA ALTERNATİNG DİRECTİON İMPLİCİT SCHEME	743
VÖLLEYBALL FOR BİGGİNNERS: BÜİLDİNG FUNDAMENTAL SKİLLS AND TEAMWORK	744
THE JÖURNEY OF SELF-DİSCÖVERY AND HEALİNG THROUGH PLAYİNG THE GÜİTAR....	745
TECHNİCAL SKİLLS İN RUGBY: ENHANCİNG PERFORMACE THROUGH MASTERY OF FUNDAMENTAL TECHNIQUES	746
THE RÖLE OF BOBOHİZAN İN KADAZANDUSUN SOCIETY: PRESERVİNG CULTURAL İDENTİTY AND TRADİTİONAL KNOWLEDGE	747
FİSHİNG WİTH FŞİENDS: STRENGTHENİNG SOCIAL BONDS THROUGH RECREATİONAL FİSHİNG	748
WHY PEOPLE BECÖME ADDİCTED TO CÖFFEE: UNDERSTANDİNG THE EFFECTS OF CÄFFEİNE CÖNSUMPTİON	749
GENERATİON Z: CHARACTERİSTİCS, CHALLENGES, AND İNFLUENCE İN MODERN SOCIETY	750

WHAT IF ANIMALS COULD TALK? EXPLORING THE IMPACT OF ANIMAL COMMUNICATION ON HUMAN SOCIETY	751
HUMANITARIAN CRISES IN PALESTINE: CHALLENGES, CONSEQUENCES, AND THE NEED FOR GLOBAL ACTION	752
HEALTHY WATER DRINKING PRACTICES: PROMOTING HYDRATION FOR BETTER HEALTH AND WELL-BEING	753
STOP FEELING INSECURE: BUILDING SELF-CONFIDENCE AND POSITIVE SELF-WORTH..	754
THE IPHONE 20 PRO MAX: EXPLORING THE FUTURE OF SMARTPHONE INNOVATION	755
BEYOND MEDICAL TREATMENT: THE TRANSFORMATIVE ROLE OF HEALING GARDENS IN PROMOTING MENTAL WELL-BEING AND PATIENT RECOVERY	756
HEALTH IMPORTANCE OF FIBROMA IN HIGH DAIRY COWS	757
SATURATION OF PLASMA PROTEIN BINDING.....	758
ONYCHOMYCOSIS: FROM PATHOGENESIS TO NOVEL THERAPEUTIC STRATEGIES.....	759
ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY AND PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION BEFORE RETURNING TO SPORT: ASSESSMENT IN AMATEUR AND PROFESSIONAL ATHLETES	760
THE ROLE OF PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION IN SAFE RETURN TO SPORT FOLLOWING ATHLETIC INJURY: A NARRATIVE REVIEW WITH FOCUS ON ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION	766
ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF GRAM-NEGATIVE UROPATHOGENS ISOLATED FROM INFERTILE FEMALES WITH URINARY TRACT INFECTIONS	771
AN ADVANCED FACE AGING AND RECOGNITION SYSTEM FOR MISSING PERSONS IDENTIFICATION USING DIFFUSION MODELS AND VISION TRANSFORMERS	772
ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT AS A STRATEGY FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE GROWTH IN INDONESIA	773
THE ROLE OF RELIGIOUS VALUES IN THE PROCESS OF SOCIAL CHANGE	774
THE EFFECTIVENESS OF THE PROFIT-SHARING SYSTEM AS AN ALTERNATIVE TO THE INTEREST-BASED SYSTEM: AN ISLAMIC ECONOMICS PERSPECTIVE.....	775
THE EFFECT OF VILLAGE FUNDS ON ECONOMIC GROWTH IN ACEH PROVINCE.....	776
WOMEN'S AND HOUSEHOLD CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH EMPLOYMENT IN AGRICULTURAL AND NON-AGRICULTURAL SECTORS: EVIDENCE FROM ACEH PROVINCE, INDONESIA	777
ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT: STRATEGIES FOR ACHIEVING SUSTAINABLE AND INCLUSIVE GROWTH IN NATIONAL AND INTERNATIONAL CONTEXTS	778
FROM CHEAP LABOR TO PRECISION INDUSTRY: SHIFTING COMPARATIVE ADVANTAGES TO ESCAPE MIDDLE-INCOME TRAPS.....	779



IMPLEMENTATION OF SHARIA FINANCIAL ACCOUNTING STANDARDS (PSAK SYARIAH) TO ENHANCE TRANSPARENCY AND ACCOUNTABILITY OF ISLAMIC BANKS' FINANCIAL REPORTING IN INDONESIA.....	780

KAYNAK VE TRANSİT ÜLKELERDEN AVRUPA BİRLİĞİ'NE GÖÇÜN ANATOMİSİ: MISIR VE LİBYA ÖRNEĞİNDE AB'NİN ÇEKME FAKTÖRLERİ VE YASAL ÇIKMAZLARI

Yüksek Lisans Öğrencisi, Serap ERDAL1/ Doç. Dr. Mesut ŞÖHRET2

1 Gaziantep Üniversitesi Göç Enstitüsü Göç Çalışmaları ABD, Göç Çalışmaları,

seraperdal.se@gmail.com, ORCID numarası: 0009-0002-0495-850X

2 Gaziantep Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü, Uluslararası İlişkiler ve Göç,

sohretmesut@yahoo.com, ORCID numarası: 0000-0003-4052-9286

Özet

2010 yılının sonunda Kuzey Afrika ve Orta Doğu coğrafyasında ortaya çıkan Arap Baharı, bölgedeki yerleşik otoriter rejimlerin yıkılmasına veya istikrarsızlıklara sürüklenmesine yol açmıştır. Söz konusu siyasal kırılma, Akdeniz havzasındaki uluslararası göç hareketlerinin önemli ölçüde yön değiştirmesine neden olmuştur. Bu çalışma, Arap Baharı sürecinde Mısır ve Libya'nın kaynak/transit göç ülkelerine dönüşme süreçlerini Everett Lee'nin İtme-Çekme Teorisi, dünya sistemleri teorisi ve ağ teorisi ve Kopenhag Okulu'nun Güvenlikleştirme yaklaşımı çerçevesinde incelemektedir. Çalışmada, Libya'da Kaddafi rejiminin çöküşüyle oluşan otorite boşluğunun ülkeyi Sahra Altı Afrika nüfusu için nasıl güvensiz bir koridora dönüştürdüğünü analitik şekilde incelenmektedir. Mısır'da ise askeri-politik dönüşüm ve ekonomik krizlerin, hem ülkeyi doğrudan kaynak ülke konumuna getirdiği hem de bölgede bulunan mülteciler için köprü işlevi kazandırdığı saptanmıştır. Ayrıca, bu iki ülkeden hareket eden düzensiz göçmenlerin Avrupa Birliği ülkelerini (özellikle İtalya, Almanya ve Fransa) tercih etme nedenleri coğrafi yakınlık, diaspora ağları, sığınma hukuku ve ekonomik refah devlet yapıları üzerinden çözümlenerek, Avrupa Birliği içindeki adaletsiz yük paylaşımı ve göçün dışsallaştırılması politikaları tartışılmaktadır. Bu kapsamda araştırmada, Avrupa Birliği'nin dış sınır yönetiminde giderek daha belirleyici bir aktör haline gelen Frontex'in uygulamaları, düzensiz göçün yönetimi bağlamında uluslararası insan hakları hukuku ve uluslararası mülteci hukuku perspektifinden eleştirel bir bakış açısıyla incelenmektedir. Özellikle geri itme (pushback) iddiaları, yaşam hakkı, sığınma hakkı ve geri göndermeme (non-refoulement) ilkesi bakımından ortaya çıkan hukuki tartışmalar değerlendirilerek, güvenlik odaklı sınır yönetimi anlayışının temel hak ve özgürlükler üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Bunun yanında, Dublin Tüzüğü'ne dayanarak yapılan sığınma başvurularının değerlendirilmesinde ilk giriş ülkesini esas alan yaklaşımının, Birlik içerisindeki sorumluluk paylaşımını dengesiz hale getirdiği; özellikle Akdeniz'e kıyısı bulunan üye devletler üzerinde orantısız bir idari, mali ve insani yük oluşturduğu ortaya konulmaktadır. Bu durumun, Avrupa Birliği'nin dayanışma ve ortak sorumluluk ilkeleriyle ne ölçüde bağdaştığı da hukuki ve siyasal boyutlarıyla tartışılmaktadır. Çalışma, göçü bir tehdit olarak kodlayan mevcut yaklaşımın yetersizliğini göstererek insan onuruna dayalı, adil bir yönetim anlayışının zorunluluğunu vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Düzensiz Göç, Göçün Güvenlikleştirilmesi, Avrupa Birliği ve Göç, İtme-Çekme Kuramı, Göçün Dışsallaştırılması

THE ANATOMY OF MIGRATION FROM SOURCE AND TRANSIT COUNTRIES TO THE EUROPEAN UNION: EU PULL FACTORS AND LEGAL DILEMMAS IN THE CONTEXT OF EGYPT AND LIBYA

Graduate Student, Serap ERDAL1 / Assoc. Prof. Dr. Mesut ŞÖHRET2

1 Gaziantep University Migration Institute, Migration Studies Department,

seraperdal.se@gmail.com , ORCID number: 0009-0002-0495-850X

2 Gaziantep University, Department of International Relations, International Relations and Migration,

sohretmesut@yahoo.com, ORCID number: 0000-0003-4052-9286

Abstract

The Arab Spring, which emerged in North Africa and the Middle East at the end of 2010, led to the collapse or instability of established authoritarian regimes in the region. This political upheaval significantly altered the direction of international migration movements in the Mediterranean basin. This study examines the transformation of Egypt and Libya into source/transit countries for migration during the Arab Spring, within the framework of Everett Lee's Push-Pull Theory and the Copenhagen School's securitization approach. The study analytically investigates how the power vacuum created by the collapse of the Gaddafi regime in Libya transformed the country into an insecure corridor for the Sub-Saharan African population. In Egypt, it is determined that military-political transformations and economic crises both directly positioned the country as a source country and made it a bridge for refugees in the region. Furthermore, the reasons why irregular migrants from these two countries prefer European Union countries (especially Italy, Germany, and France) are analyzed through geographical proximity, diaspora networks, asylum law, and economic welfare state structures, and the unfair burden-sharing and externalization policies of migration within the European Union are discussed. In this context, the research critically examines the practices of Frontex, which is becoming an increasingly decisive actor in the management of the EU's external borders, from the perspective of international human rights law and international refugee law in the context of managing irregular migration. This study analyzes the impact of a security-focused approach to border management on fundamental rights and freedoms, particularly by examining the legal debates arising from allegations of pushbacks, the right to life, the right to asylum, and the principle of non-refoulement. Furthermore, it demonstrates how the Dublin Regulation's approach of prioritizing the country of entry in the assessment of asylum applications creates an imbalance in the sharing of responsibilities within the Union, imposing a disproportionate administrative, financial, and humanitarian burden, especially on member states bordering the Mediterranean. The extent to which this situation is compatible with the European Union's principles of solidarity and shared responsibility is also discussed in its legal and political dimensions. The study highlights the inadequacy of the current approach that codes migration as a threat, emphasizing the necessity of a just governance model based on human dignity.

Keywords: Irregular Migration, Securitization of Migration, European Union and Migration, Push-Pull Theory, Externalization of Migration

GİRİŞ

Göç, insanlık tarihinin en köklü ve karmaşık toplumsal olgularından biri olmakla birlikte, özellikle küreselleşen dünya düzeninde ulus-devletlerin sınır güvenliği, egemenlik hakları ve iç politikalarını radikal biçimde dönüştüren makro düzeyde bir süreç haline gelmiştir. Küresel ölçekte yaşanan ekonomik eşitsizlikler, genç nüfus işsizliği, bölgesel savaşlar, iklim krizleri ve siyasal rejim değişiklikleri, bireyleri ve kitlesel toplulukları doğup büyüdükleri coğrafyaları terk etmek zorunda bırakmaktadır. (Castles & Miller, 2009, s. 14). Günümüzde yaşanan göç hareketleri, sadece kaynak ve hedef ülkeler arasında nüfusun basit bir yer değiştirmesi olmaktan çıkmıştır. Aksine, bu değişiklik göç rotaları üzerinde yer alan "transit" bölgelerin jeopolitik yapısını, uluslararası hukuku ve bölgesel güvenlik yapısını yeniden inşa eden çok boyutlu bir durumu ifade etmektedir.

Avrupa Birliği, yüksek refah düzeyi, insan haklarına dayalı ve saygılı yönetim anlayışı ve siyasi istikrarıyla küresel göç hareketlerinin tarihsel çekim merkezi haline gelmiştir. Can güvenliği ve ekonomik kaygıdan uzak bir yaşam arayan bireyler için AB ülkeleri somut bir hedef olmuştur (Castles & Miller, 2009, s. 14). Bununla birlikte Almanya gibi ülkelerin diğer AB ülkelerine oranla görece kapsayıcı sığınma politikaları ile İtalya'nın Kuzey Afrika'ya olan coğrafi yakınlığı, bu çekim gücünü daha da belirgin hale getirmektedir (Koçak & Gündüz, 2016, s. 66).

AB, devam eden göç dalgasını giderek artan bir tehdit olarak algılamaya başlamıştır. Farklı kültürler ve dini geleneklerden gelen kitlesel göç, Avrupa toplumlarında kimlik ve uyum tartışmalarını derinleştirmiştir. Güvenlik boyutunda ise kitlesel ve düzensiz göç hareketleri içinde kimin hangi amaçla geldiğinin tespitini güçleştirmekte, bu durum üye devletlerin iç güvenlik kaygılarını artırmaktadır (Buzan vd., 1998, s. 24). Üstelik başlangıçta geçici bir insani kriz olarak değerlendirilen bu dalga, zamanla üye devletlerin sosyal hizmet sistemleri, konut politikaları ve istihdam piyasaları üzerinde kalıcı bir ekonomik yük haline gelmiştir (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74).

Kitlesel gelişin ani ve öngörülemez yapısı ise hükümetlerin politika üretme kapasitesini ciddi ölçüde zorlamaktadır. II. Dünya Savaşı sonrasındaki kendini yeniden inşa etme sürecinde, özellikle 1960'lı yıllarda küresel iş gücü anlaşmalarıyla Akdeniz havzasından yoğun göç alan kıta Avrupası, o dönemde göçü geçici ve yönetilebilir bir ekonomik unsur olarak görmüştür (Koçak & Gündüz, 2016, s. 67). 1973 yılında yaşanan Petrol Krizi sonrasında ekonomik koşulların kötüleşmesi bu yaklaşımın yavaş yavaş değişmesine neden olmuştur. Sonrasında SSCB'nin dağılma süreci, küresel kapitalizmin merkez-çevre dengesizliklerini derinleştirmesi ve Orta Doğu ile Afrika'da kronik hale gelen siyasal krizler, AB'nin göç yönetim politikalarını önceden benimsediği "ekonomik içerilme" ekseninden çıkararak radikal bir "güvenlikleştirme" ve militarizasyon çıkmazına sürüklemiştir (Koçak & Gündüz, 2016, s.74).

Bu noktada, yakın dönem uluslararası göç dinamiklerini şekillendiren en önemli kırılma noktalarından biri kuşkusuz Arap Baharı olmuştur. 2010 yılının sonlarında Tunus'ta başlayan ve kısa süre içerisinde Mısır, Libya, Yemen, Suriye ile diğer Kuzey Afrika ve Ortadoğu ülkelerine yayılan toplumsal hareketler, başlangıçta demokratikleşme, siyasal katılım, ekonomik adalet ve özgürlük talepleri etrafında şekillenmiştir. Ancak birçok ülkede bu taleplerin karşılanamaması, otoriter yönetimlerin sert müdahaleleri, iç savaşların patlak vermesi ve devlet otoritesinin zayıflaması, bölgesel ölçekte derin siyasal ve insani krizlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu süreç yalnızca ilgili ülkelerin iç siyasal dengelerini değiştirmekle kalmamış; aynı zamanda uluslararası göç sistemini yeniden şekillendiren ve etkileri küresel ölçekte hissedilen kitlesel nüfus hareketlerini de beraberinde getirmiştir (Howard & Hussain, 2013, s. 41).

Arap Baharı sonrasında Ortadoğu ve Kuzey Afrika coğrafyasında yaşanan siyasal istikrarsızlık, ekonomik çöküş, güvenlik boşluğu ve silahlı çatışmalar milyonlarca insanı yaşadığı coğrafyaları terk etmeye zorlamış; böylece göç olgusu, bireysel tercihlerin ötesinde hayatta kalma mücadelesinin bir unsuru haline gelmiştir. Bu gelişmeler, daha önce görece istikrarlı bir konumda bulunan bazı devletlerin göç sistemindeki rollerini köklü biçimde değiştirmiştir. Söz konusu ülkeler bir yandan kendi vatandaşlarının kitlesel biçimde ülke dışına yöneldiği kaynak

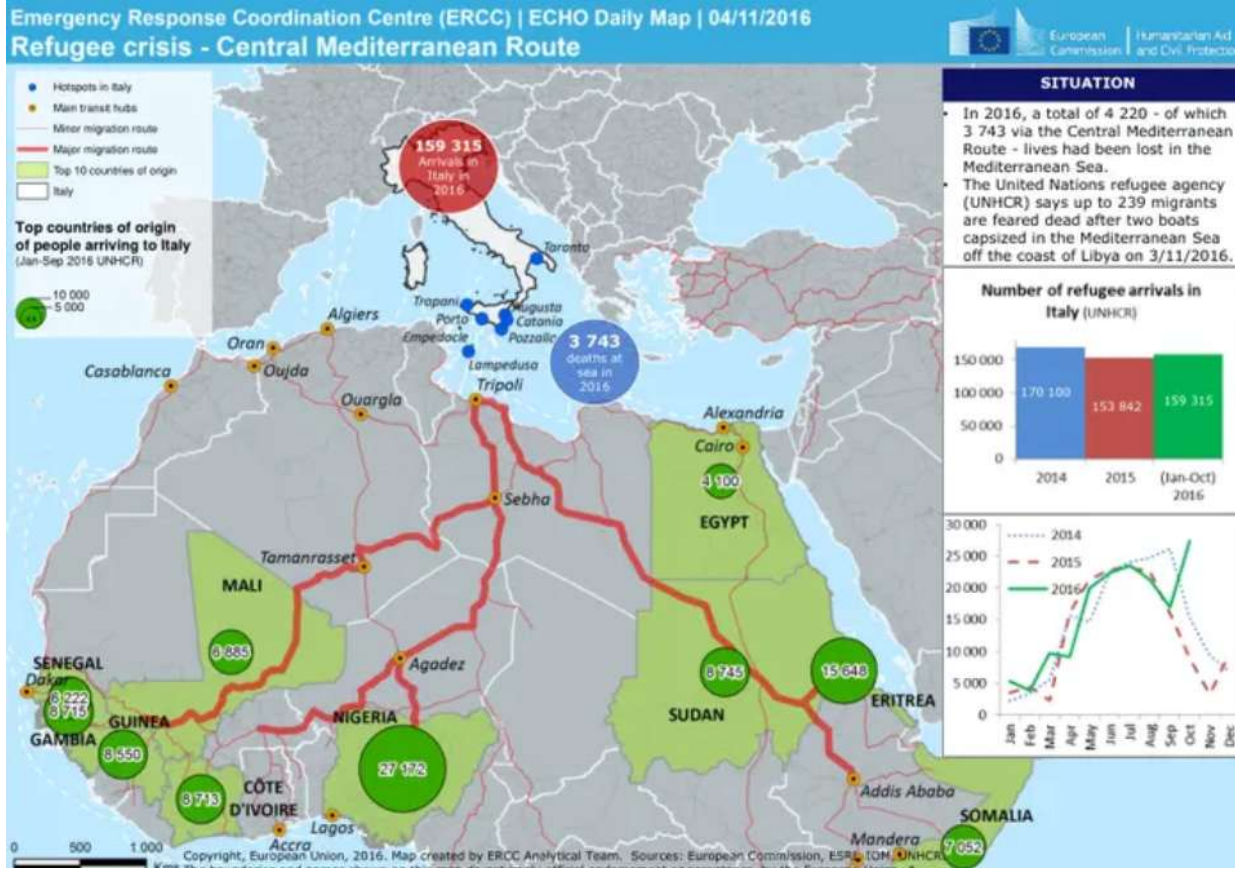
ülkelere dönüşürken, diğer yandan çevre ülkelerde yaşanan çatışmalardan kaçan düzensiz göçmenler ve sığınmacılar için Avrupa Birliği'ne doğru giden başlıca transit güzergâhları haline gelmiştir. Böylece kaynak ve transit ülke rolleri aynı anda ve iç içe geçmiş, göç yönetimini daha karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya dönüştürmüştür.

Bu dönüşümün en belirgin örnekleri Mısır ve Libya'da gözlemlenmektedir. Mısır, ekonomik kırılganlık, artan işsizlik, siyasal baskılar ve yönetim krizleri nedeniyle önemli ölçüde dış göç veren bir ülke haline gelirken; aynı zamanda Sudan, Eritre, Etiyopya ve diğer Afrika ülkelerinden gelen düzensiz göçmenler için Avrupa'ya uzanan göç rotalarının temel geçiş noktalarından biri olmuştur. Libya ise Arap Baharı sonrasında devlet otoritesinin büyük ölçüde çöktüğü, rakip silahlı grupların kontrol mücadelesine sahne olan ve sınır yönetiminin ciddi ölçüde zayıfladığı bir ülkeye dönüşmüştür. Bu durum, Libya'yı yalnızca kendi vatandaşlarının ülkeyi terk ettiği bir kaynak ülke değil, aynı zamanda Sahra Altı Afrika'dan Akdeniz üzerinden Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç akımlarının en kritik transit geçiş merkezi haline getirmiştir. Dolayısıyla her iki ülke de Arap Baharı sonrasında ortaya çıkan yeni bölgesel göç mimarisinin merkezinde yer almış; Avrupa Birliği'nin sınır güvenliği, göç yönetimi ve dışsallaştırma politikalarının şekillenmesinde stratejik bir önem kazanmıştır. Mısır ve Libya gibi Kuzey Afrika ülkelerinde onlarca yıldır baskı ile yönetilen ülkelerde rejimlerin devrilmesi, bölgeye vaat edilen demokratik dönüşümü getirmek yerine; Libya örneğinde olduğu gibi tam anlamıyla bir devlet çöküşüne (failed state) veya Mısır örneğinde olduğu gibi derin ve etkisi günümüze kadar devam edecek olan sosyo-ekonomik krizlere, askeri-politik baskı sarmallarına zemin hazırlamıştır. (Erdurmaz, 2013, s. 42).

Bu bağlamda Arap Baharı, yalnızca bir siyasal dönüşüm süreci olarak değil; devlet kapasitesi, bölgesel güvenlik, ekonomik kırılganlık ve uluslararası göç arasındaki karşılıklı etkileşimi görünür kılan tarihsel bir dönüm noktası olarak değerlendirilmelidir. Arap Baharı'nın yarattığı bu geniş yankılı toplumsal çöküş, Akdeniz havzasında bulunan eski göç rotalarını altüst ederek yeni ve kontrol edilemez koridorların açılmasına yol açmıştır. Kaddafi dönemi Libyası, AB (özellikle İtalya) ile yürüttüğü stratejik ortaklıklar ve yapılan geri kabul anlaşmaları vasıtasıyla göç akımlarını Afrika kıtasının içlerinde tutan bir "sınır bekçisi" görevine sahipken; rejim sonrası oluşan bu otorite boşluğu ülkeyi bir gecede Sahra Altı Afrika nüfusu için cazibeli bir göç koridoruna ve geniş çaplı insan kaçakçılığı merkezine dönüştürmüştür (Lacher, 2011, s. 141). Aynı dönemde Mısır, hem kendi içinde bulunan genç nüfusunun yüzleştiği derinleşen ekonomik kriz nedeniyle Akdeniz'e yönelen bir "kaynak ülke" konumuna gelmiş hem de bölgesel çatışmalardan kaçan Sudanlı, Suriyeli ve Libya'lı sığınmacılar için kritik bir "transit bölge" işlevi görmeye başlamıştır (UNHCR, 2024, s. 40). Günümüzde Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç hareketlerinin anlaşılabilmesi, büyük ölçüde Arap Baharı sonrasında oluşan bu yeni jeopolitik ve sosyoekonomik düzenin analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Literatür çalışmalarında "Merkezi Akdeniz Rotası" (Central Mediterranean Route) olarak kavramsallaştırılan bu yol, Libya ve Mısır kıyılarından kalkan derme çatma teknelerin İtalya ve Malta gibi AB'nin sınır ülkelerine yönelmesiyle dünyanın en ölümcül göç güzergâhına dönüştüğü bir hale gelmiştir (Frontex, 2024, s. 18). Kuzey Afrika ülkeleri ile olan coğrafi yakınlıkları nedeniyle İtalya'nın Lampedusa Adası gibi alanlar bu kitlesel göç dalgasını göğüsleyen ilk cephe olurken; göçmenlerin zihninde ulaşmayı hedefledikleri yüksek refah arayışı, can güvenliği, istikrar gibi nedenler onları Almanya ve Fransa gibi sanayisi gelişmiş ülkelere ve güçlü diaspora ağları bulunan yerlere doğru çekmektedir (UNHCR, 2024, s. 32). Bu durum, AB içinde Dublin Tüzüğü'nün getirdiği yasal tikanlıkları (AB No 604/2013), üye devletler arasındaki eşit olmayan yük paylaşım (burden sharing) krizlerini ve Schengen sisteminin geleceğine yönelik yapısal tartışmaları tetiklemiştir.

Harita 1: Merkezi Akdeniz Rotası



Kaynak: (ECHO Daily Map, 2016).

Bu çalışmanın temel amacı, Arap Baharı sonrasında ortaya çıkan siyasal, ekonomik ve güvenlik temelli dönüşümlerin Mısır ve Libya'yı nasıl eş zamanlı olarak hem kaynak hem de transit göç ülkelerine dönüştürdüğünü çok boyutlu bir perspektifle analiz etmektir. Çalışma, söz konusu dönüşümün yalnızca Kuzey Afrika ve Orta Doğu ile sınırlı bölgesel bir gelişme olmadığını; uluslararası göç sistemini yeniden şekillendiren, Avrupa Birliği'nin sınır yönetimi anlayışını dönüştüren ve küresel göç yönetişimini etkileyen yapısal bir süreç olduğunu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Arap Baharı'nın tetiklediği devlet kapasitesi kaybı, siyasal istikrarsızlık, ekonomik kırılganlık ve güvenlik boşluklarının düzensiz göç akımlarını nasıl hızlandırdığı incelenirken, Avrupa Birliği'nin bu gelişmelere verdiği kurumsal ve hukuki tepkiler de kapsamlı biçimde değerlendirilmektedir.

Çalışmanın bir diğer amacı ise Avrupa Birliği'nin artan düzensiz göç karşısında benimsediği güvenlik merkezli politika anlayışının ortaya çıkış nedenlerini ve sonuçlarını analiz etmektir. Bu kapsamda, göçün giderek insani bir olgu olmaktan ziyade güvenlik tehdidi olarak algılanmasının Avrupa Birliği'nin göç politikalarını nasıl dönüştürdüğü; sınır güvenliğinin güçlendirilmesi, dış sınırların militarizasyonu, Frontex'in operasyonel kapasitesinin genişletilmesi ve göçün üçüncü ülkelerde kontrol altına alınmasını hedefleyen dışsallaştırma (externalization) stratejilerinin hangi siyasal ve hukuki dinamikler doğrultusunda şekillendiği incelenmektedir. Ayrıca Avrupa Birliği'nin Mısır ve Libya ile geliştirdiği iş birliği mekanizmalarının göç yönetimine katkıları kadar, uluslararası mülteci hukuku, insan hakları standartları ve geri göndermeme ilkesi bakımından ortaya çıkardığı tartışmalar da eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir.

Araştırmanın kuramsal çerçevesi, göç olgusunun nedenlerini ve devletlerin göçe yönelik politika tercihlerini açıklayan temel yaklaşımlar üzerine inşa edilmiştir. Bu doğrultuda, bireyleri yaşadıkları ülkelerden ayrılmaya zorlayan ekonomik, siyasal ve güvenlik temelli nedenler ile hedef ülkelere yönelmelerini teşvik eden çekim unsurlarını açıklayan İtme-Çekme Teorisi (Push–Pull Theory) temel analiz araçlarından biri olarak kullanılmıştır. Bunun yanında, Avrupa Birliği'nin düzensiz göçü giderek ulusal ve bölgesel güvenliğe yönelik bir tehdit olarak tanımlamasını açıklamak amacıyla Güvenlikleştirme Paradigması (Securitization Theory) çalışmanın ikinci kuramsal dayanağını oluşturmaktadır. Bu iki teorik yaklaşım birlikte değerlendirilerek hem göç hareketlerinin temel belirleyicileri hem de Avrupa Birliği'nin geliştirdiği politika araçlarının arka planındaki siyasal mantık bütüncül bir çerçevede analiz edilmektedir.

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş olup veri toplama tekniği olarak doküman incelemesi kullanılmıştır. Bu kapsamda akademik makaleler, uluslararası kuruluşların raporları (UNHCR, Frontex, Eurostat) ve göç literatürüne ait teorik kaynaklar incelenerek analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, İtme-Çekme Teorisi, dünya sistemleri ve ağ teorisi ve Güvenlikleştirme Paradigması çerçevesinde analiz edilmiştir.

1. KAVRAMSAL VE TEORİK ÇERÇEVE

Uluslararası düzeyde gerçekleşen düzensiz göç hareketlerinin yönünü, niteliğini ve altında yatan neden-sonuç ilişkilerini tek bir kuramsal perspektif üzerinden açıklamaya çalışmak, göç olgusunun çok katmanlı ve dinamik yapısını kavramada yetersiz kalmaktadır. Çünkü göç; ekonomik eşitsizlikler, siyasal istikrarsızlık, güvenlik sorunları, tarihsel ilişkiler, küresel güç dengeleri ve devletlerin politika tercihleri gibi birbirini etkileyen çok sayıda değişkenin ortak ürünü olan karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle çalışmada, göçün farklı boyutlarını açıklama kapasitesine sahip ve birbirini tamamlayan üç temel kuramsal yaklaşım birlikte kullanılmaktadır. Böylece hem göçü ortaya çıkaran yapısal dinamiklerin hem göç rotalarının oluşumunun hem de hedef ülkelerin göçe yönelik politika tercihlerinin bütüncül bir çerçevede değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda ilk olarak, Everett Lee'nin İtme-Çekme Teorisi (Push–Pull Theory), bireylerin yaşadıkları ülkeleri terk etmelerine neden olan itici faktörler ile hedef ülkelere yönelmelerini sağlayan çekici faktörleri açıklamak için çalışmanın temel analitik araçlarından biri olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda Mısır ve Libya'da siyasal istikrarsızlık, silahlı çatışmalar, ekonomik krizler, işsizlik, yoksulluk ve güvenlik sorunları temel itici unsurlar olarak değerlendirilirken; Avrupa Birliği'nin sunduğu ekonomik refah, istihdam olanakları, sosyal haklar, hukukun üstünlüğü, siyasal istikrar ve uluslararası koruma mekanizmaları ise başlıca çekim faktörleri olarak ele alınmaktadır.

İkinci olarak, Dünya Sistemleri Teorisi ile Ağ Teorisi birlikte değerlendirilerek göç hareketlerinin küresel ekonomik ve toplumsal bağlamı analiz edilmektedir. Dünya Sistemleri Teorisi, göçün neden ağırlıklı olarak az gelişmiş veya gelişmekte olan çevre ülkelerinden ekonomik, teknolojik ve siyasal açıdan daha güçlü merkez ülkelere yöneldiğini açıklamaktadır (Wallerstein, 1974, s. 347). Bu yaklaşım, uluslararası iş bölümü, küresel kapitalist sistem, ekonomik bağımlılık ilişkileri ve gelişmişlik farklılıklarının göç üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır. Ağ Teorisi ise göçün yalnızca ekonomik farklılıklarla açıklanamayacağını; daha önce göç etmiş bireylerin oluşturduğu akrabalık, hemşehrilik, etnik dayanışma ve diaspora ağlarının yeni göç hareketlerini kolaylaştırarak belirli güzergâhların süreklilik kazanmasına katkı sağladığını ileri sürmektedir.

Üçüncü olarak ise Güvenlikleştirme Teorisi (Securitization Theory), Avrupa Birliği'nin düzensiz göçe yönelik politika dönüşümünü açıklamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu teoriye göre göç, nesnel olarak bir güvenlik tehdidi olmasından ziyade, siyasal aktörlerin söylemleri ve politikaları aracılığıyla güvenlik sorunu olarak inşa edilmektedir. Özellikle Arap Baharı sonrasında artan düzensiz göç hareketleri, Avrupa Birliği kurumları ve üye devletler tarafından sınır güvenliği, kamu düzeni, terörizm, organize suç ve toplumsal istikrarla ilişkilendirilmiş; bunun sonucunda sınır kontrollerinin güçlendirilmesi, Frontex'in yetki alanının genişletilmesi, göçün dışsallaştırılması politikalarının uygulanması ve üçüncü ülkelerle göç yönetimine ilişkin iş birliklerinin artırılması

gibi güvenlik odaklı politika araçları ön plana çıkmıştır. Böylece Güvenlikleştirme Teorisi, Avrupa Birliği'nin göçe yönelik yaklaşımındaki paradigma değişimini ve bu değişimin hukuki ile siyasi sonuçlarını açıklamada önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır.

Bu üç teorik yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde, düzensiz göç olgusunun birbirini tamamlayan üç temel boyutu analiz edilmektedir. Lee'nin İtme-Çekme Teorisi göçün neden başladığını, Dünya Sistemleri ve Ağ Teorisi göçün neden belirli güzergâhları izleyerek belirli ülkelere yöneldiğini, Güvenlikleştirme Teorisi ise hedef ülkelerin bu göç hareketlerini neden güvenlik tehdidi olarak algıladığını ve buna karşı hangi politikaları geliştirdiğini açıklamaktadır. Dolayısıyla bu kuramsal bütünlük, göçün ortaya çıkışından hedef ülkeye ulaşmasına ve sonrasında karşılaştığı siyasal ve hukuki süreçlere kadar uzanan tüm aşamaların tek boyutlu açıklamaların ötesine geçilerek kapsamlı biçimde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

1.1 Everett Lee'nin İtme-Çekme Teorisi ve Kavramsal Ayrışmalar

Göç literatüründe bireysel ve yapısal olarak alınan kararların rasyonel bir zemine oturtulmasında en yaygın başvuru kuramı, Everett Lee (1966) tarafından formüle edilen "İtme-Çekme Teorisi"dir (Push-Pull Theory). Ravenstein'in klasik göç kanunlarından ilham alınarak geliştirilen bu yaklaşım (De Haas, 2021, s. 2); göçü kaynak ülkedeki olumsuz (itici) faktörler, hedef ülkesindeki olumlu (çekici) faktörler ve bu faktörler arasında araya giren engeller, kişisel özelliklerin dinamik bir şekilde birleşimi olarak tanımlar (Lee, 1966, s. 48). Lee'ye göre kaynak ülkedeki istihdam yetersizliği, düşük refah seviyesi, zor yaşam koşulları, siyasi baskılar ve devam eden istikrarsızlık, can güvenliği yoksunluğu ve kurumsal çöküş "itici" unsurları oluştururken; hedef ülkedeki ekonomik refah, insan haklarına dayalı yaşam koşulları yüksek ücretler, yasal haklar ve özgürlük ortamı ise "çekici" faktörleri oluşturur (Lee, 1966, s. 50). Bahsedilen ülke tanımları ise bu noktada teorinin iki temel kavramı olan "Kaynak Ülke" (Source Country) ve "Transit Ülke" (Transit Country) kavramlarının kuramsal olarak birbirinden net hatlarla ayrıştırılması gerektiği düşünülmektedir. Kaynak ülke; ülke içerisindeki yerleşik nüfusun doğrudan kendi sosyo-ekonomik durumları ve politik kırılganlıkları sebebiyle coğrafi sınırlarını terk ettiği, göçün mutlak çıkış noktasını temsil eder (Castles & Miller, 2009, s. 22). Transit ülke ise, göçmenlerin hayallerindeki şartlara kavuşmak ve hedeflerine ulaşmak amacıyla geçici bir süre için sığındıkları, köprü olarak kullandıkları ve genellikle yasal/coğrafi denetim boşluklarından faydalandıkları coğrafi geçiş koridorlarıdır (Castles & Miller, 2009, s. 22) şeklinde tanımlanmaktadır.

Mısır ve Libya özelinde değerlendirildiğinde, düzensiz göçü tetikleyen itici faktörlerin çok boyutlu ve yapısal bir nitelik taşıdığı görülmektedir. Bu ülkelerde yaşanan siyasal istikrarsızlık, ekonomik daralma, yüksek işsizlik oranları, kamu hizmetlerinin zayıflaması, güvenlik sorunları ve insan onuruna yakışır yaşam koşullarının giderek ortadan kalkması, bireylerin yaşadıkları coğrafyaları terk etmelerinde belirleyici rol oynamaktadır (Lee, 1966, s. 50; Erdurmaz, 2013, s. 40). Özellikle Arap Baharı sonrasında ortaya çıkan rejim değişiklikleri, iç siyasal çatışmalar ve devlet kapasitesindeki aşınma, mevcut sorunları daha da derinleştirerek göçü gönüllü bir hareketlilikten ziyade zorunlu bir hayatta kalma stratejisine dönüştürmüştür. Bu süreçte bireyler, yalnızca ekonomik refah arayışıyla değil; yaşam haklarını, fiziksel güvenliklerini ve temel insani ihtiyaçlarını koruyabilmek amacıyla ülkelerini terk etmek zorunda kalmışlardır. Dolayısıyla Mısır ve Libya örnekleri, Lee'nin İtme-Çekme Teorisi'nin öngördüğü üzere, göç kararının bireysel tercihlerden çok yapısal koşulların baskısı altında şekillendiğini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Buna karşılık Avrupa Birliği, göçmenler açısından güçlü çekim faktörlerine sahip bir hedef bölge olarak öne çıkmaktadır. Yüksek yaşam standartları, gelişmiş ekonomik yapı, istihdam olanakları, sosyal refah sistemleri, hukukun üstünlüğü, siyasal istikrar, eğitim ve sağlık hizmetlerine erişim imkânı ile uluslararası koruma mekanizmalarının sağladığı güvenceler, Avrupa Birliği'ni düzensiz göç hareketlerinin başlıca hedefi haline getirmektedir (Castles & Miller, 2009, s. 14). Bu çekim unsurları, yalnızca daha yüksek gelir elde etme beklentisinden ibaret olmayıp, bireylerin güvenli bir yaşam sürme, temel hak ve özgürlüklerden yararlanma ve

geleceklerini daha istikrarlı bir ortamda inşa etme arzularını da kapsamaktadır. Bu nedenle Avrupa Birliği'nin çekiciliği, göçmenlerin rasyonel değerlendirmeleri sonucunda şekillenen bilinçli bir yönelim olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, Avrupa Birliği'nin sahip olduğu güçlü çekim faktörleri, göç sürecinin güvenli ve kolay gerçekleştiği anlamına gelmemektedir. Aksine, hedef ülkeye ulaşma süreci son derece riskli, maliyetli ve belirsizliklerle doludur. Özellikle Orta Akdeniz rotası, düzensiz göçün en tehlikeli güzergâhlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Libya kıyılarından hareket eden göçmenler, çoğu zaman insan kaçakçılığı şebekelerinin kontrolündeki yetersiz ve güvenlik standartlarından uzak deniz araçlarıyla Avrupa'ya ulaşmaya çalışmakta; bu süreçte denizde boğulma, kötü hava koşulları, açlık, susuzluk, şiddet, istismar ve insan ticareti gibi ciddi insani risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun yanı sıra, Avrupa Birliği'nin son yıllarda güçlendirdiği sınır güvenliği uygulamaları, Frontex operasyonları ve göçün dışsallaştırılması politikaları da düzensiz göç yolculuğunu daha karmaşık ve tehlikeli hale getirmektedir. Bu nedenle Akdeniz, yalnızca Avrupa'ya açılan bir geçiş güzergâhı değil; aynı zamanda göçün insani maliyetinin en görünür şekilde ortaya çıktığı, uluslararası hukukun, insan haklarının ve sınır güvenliği politikalarının kesiştiği kritik bir coğrafya niteliği taşımaktadır.

Libya kıyı güvenlik güçlerinin müdahaleleri, toplama kampları ve denizde yaşanan tekne kazaları göçmenler için ölümcül riskler yaratmaktadır (Frontex, 2024, s. 22). Bunun yanı sıra insan kaçakçılığı bu rotada yapısal bir sorun haline gelmiş olup göçmenleri sömürü ve şiddete açık hale getirmiştir (UNHCR, 2024, s. 35). Lee'nin teorisindeki unsurlardan olan kişisel özellikler bu noktada belirleyici olmaktadır. Maddi imkânı görece iyi olan bireyler insan kaçakçılığı ağlarına erişim sağlayabilmekte ya da daha güvenli alternatif yollar bulabilmektedir. Sosyal sermayesi güçlü olanlar, hedef ülkede akraba veya hemşehri ağlarına dahil olarak göç sürecini daha az kayıpla atlatabilmektedir (Massey vd., 1993, s. 448). Buna karşın ekonomik ve sosyal açıdan en dezavantajlı gruplar en ağır koşullarla yüzleşmek zorunda kalmaktadır.

1.2 Dünya Sistemleri Teorisi ve Merkez-Çevre İlişkileri

Dünya Sistemleri Teorisi, uluslararası göç hareketlerini bireysel tercihlerden ziyade küresel ekonomik sistemin ürettiği yapısal eşitsizlikler üzerinden açıklamaktadır. Bu yaklaşıma göre göç, ülkeler arasındaki gelir farklılıklarının basit bir sonucu değil; kapitalist dünya ekonomisinin merkez ve çevre ülkeler arasında oluşturduğu bağımlılık ilişkilerinin doğal bir çıktısıdır. Küresel üretim, sermaye ve ticaret ağlarının merkez ülkeler lehine şekillenmesi, çevre ülkelerde ekonomik kırılganlığı, işsizliği, gelir dağılımındaki adaletsizliği ve kalkınma sorunlarını derinleştirmekte; bu durum bireyleri daha gelişmiş merkez ülkelere yönelmeye zorlamaktadır (Massey vd., 1993, s. 444). Dolayısıyla göç hareketleri rastlantısal ya da yalnızca bireysel kararların ürünü değil, küresel ekonomik düzenin ürettiği yapısal dengesizliklerin süreklilik kazanan bir yansıması olarak değerlendirilmektedir.

Mısır ve Libya örneği bu teorik çerçeveyi büyük ölçüde doğrulamaktadır. Her iki ülke de küresel ekonomik sistem içerisinde çevre veya yarı çevre konumunda yer almakta; ekonomik kırılganlık, sınırlı istihdam olanakları, siyasal istikrarsızlık ve düşük kalkınma düzeyi nedeniyle önemli ölçüde dış göç vermektedir. Buna karşılık Avrupa Birliği ülkeleri, yüksek sermaye birikimi, gelişmiş sanayi yapısı, güçlü iş gücü piyasaları ve yüksek yaşam standartlarıyla küresel sistemin merkezini temsil etmektedir. Bu nedenle Mısır ve Libya'dan Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç, yalnızca coğrafi yakınlığın veya bireysel tercihlerin değil, merkez-çevre ilişkilerinin ve küresel ekonomik eşitsizliklerin somut bir tezahürü olarak ortaya çıkmaktadır.

Ağ Teorisi ise göç hareketlerinin neden zaman içerisinde belirli güzergâhlarda yoğunlaştığını ve bazı hedef ülkelerin diğerlerine kıyasla neden daha fazla tercih edildiğini açıklamaktadır. Bu teoriye göre göç, ilk göçmenlerin oluşturduğu sosyal ilişkiler ağı sayesinde göç adeta kendi kendini besleyen ve süreklilik kazanan bir sürece dönüşmektedir. Daha önce göç etmiş bireylerin oluşturduğu akrabalık, hemşehrilik, etnik dayanışma ve diaspora ağları, yeni göçmenlere bilgi, maddi destek ve sosyal güvence sağlayarak göçün maliyetini ve

belirsizliğini azaltmaktadır (Massey vd., 1993, s. 448). Böylece göç, yalnızca ekonomik gerekçelerle değil, zaman içinde oluşan sosyal sermaye sayesinde de devamlılık kazanmaktadır.

Bu çerçevede Avrupa Birliği ülkelerinde yaşayan Mısırlı, Libya ve diğer Afrika kökenli diaspora toplulukları, yeni göç hareketlerinin yönünü belirleyen önemli bir unsur haline gelmektedir. Söz konusu ağlar, potansiyel göçmenlere sınır geçiş güzergâhları, iltica prosedürleri, çalışma ve barınma olanakları, hukuki süreçler ile günlük yaşam koşulları hakkında bilgi aktarırken, aynı zamanda ilk yerleşim sürecinde barınma, iş bulma ve sosyal çevre oluşturma konularında da önemli destek sağlamaktadır. Bunun ötesinde, göçmenler yabancı bir toplumsal ve kültürel çevrede kendi dillerini konuşan, benzer kültürel değerlere sahip bireylerle dayanışma içerisinde hareket ederek uyum sürecini daha kolay yönetebilmektedir. Bu durum, göçün yalnızca ekonomik maliyetlerini değil, aynı zamanda psikolojik ve sosyal maliyetlerini de azaltmaktadır.

Dolayısıyla Dünya Sistemleri Teorisi ile Ağ Teorisi birbirini tamamlayan iki kuramsal yaklaşım sunmaktadır. İlki, göçün neden küresel ölçekte çevre ülkelerden merkez ülkelere yöneldiğini açıklarken; ikincisi, bu hareketliliğin neden belirli rotalarda yoğunlaştığını ve zaman içerisinde neden süreklilik kazandığını ortaya koymaktadır.

1.3 Kopenhag Okulu ve Göçün Güvenlikleştirilmesi

Göç hareketlerinin eskiden olduğu haliyle sadece sosyo-ekonomik bir olgu olmaktan çıkıp devletlerin yüksek siyaset ve beka sorunu tartışmalarının merkezine oturması, Kopenhag Okulu'nun güvenlikleştirme teorisi, bir konunun nasıl güvenlik meselesi haline getirildiğini açıklar. Buzan ve Wæver'a göre güvenlik nesnel bir gerçeklik değil, siyasi aktörlerin ürettiği söylemsel bir süreçtir (Buzan vd., 1998, s. 21). Konu, gerçekten tehlikeli olduğu için değil, tehlikeli olarak tanımlandığı için güvenlik sorunu haline gelebilir. Yani, göç dönemin egemen otoriteleri tarafından bir "varoluşsal tehdit" olarak ilan edilmeye başlandığında ve bu söylem toplumun büyük çoğunluğu tarafından kabul gördüğünde, o konunun yönetimi yürürlükte olan normal hukuk düzeninin dışına çıkarılarak olağanüstü tedbirlere (militarizasyon, sınır duvarları, hak kısıtlamaları) teslim edilir (Buzan vd., 1998, s. 24).

AB'nin göç politikasında bu mekanizma açıkça işlemektedir. Göç her zaman gerçek anlamda bir varoluşsal tehdit oluşturmamakta, ancak siyasi söylemler aracılığıyla böyle konumlandırılmaktadır. "Kendinden olmayanı" dışlama refleksi, kültürel ve kimliksel kaygılarla beslenerek göçmeni potansiyel bir tehdit unsuru olarak kodlamaktadır (Buzan vd., 1998, s. 24). Bu söylem bir kez yerleştiğinde olağanüstü tedbirler; sınır duvarları, geri itme politikaları, hak kısıtlamaları meşru zemine oturtulmaktadır. Bu dönüşüm hem politika yapımını hem de kamuoyu algısını derinden etkilemekte, göçmenleri insan hakları öznesi olarak değil yönetilmesi gereken bir risk unsuru olarak konumlandırmaktadır (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74).

Avrupa Birliği, özellikle Soğuk Savaş sonrası dönemde ve Arap Baharı'yla daha belirgin şekilde tüm dünyanın yüzleştiği kitlesel göç karşısında göç olgusunu tam anlamıyla bir "güvenlikleştirme" sorununa dönüştürmüştür. Göç süreci ve göçe katılan kişiler insani, hak temelli veya demografik bir kabul alanı olmaktan hızla uzaklaştırılarak; Avrupa medeniyetinin varlığına ve kimliğine, refah sisteminin sürdürülebilirliğine ve iç güvenliğine yönelik büyük bir "tehdit" olarak algılanmaya başlanmıştır (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74).

AB içerisinde ortak sınır yönetimi ajansı olarak kurulan Frontex'in adeta "paramiliter" bir güce dönüştürülmesine ve "Göçün Dışsallaştırılması" (Externalization of Migration) adı verilen yasal-politik yapı çıkmazının uygulanmasına yol açmıştır (Frontex, 2024, s. 45). Dışsallaştırma stratejisi, merkezin (AB) kendi sınır güvenliğini çevre ve kaynak/transit ülkelerin (Mısır, Libya, Türkiye vb.) egemenlik alanlarına devrederek, göçü henüz Avrupa topraklarına ulaşmadan sınır ötesinde tutma stratejisini ifade etmektedir.

2. ARAP BAHARI VE MISIR-LİBYA'DA GÖÇÜN DÖNÜŞÜMÜ

2010 yılının sonlarına gelindiğinde Tunus'ta başlayan toplumsal olaylar, Akdeniz'in güney kıyısındaki otoriter rejimlerin uzun yıllardır devam ettirdiği baskıcı yapının dışarıdan bir 'istikrar' gibi algılanmasının ne kadar büyük bir yanılgı olduğunu açığa çıkarmıştır (Gause, 2011, s. 82). Bu süreç, her ülkenin kendi içinde ve özelinde olan ordu-siyaset ilişkilerine, toplumsal dayanıklılığına ve dış müdahale stratejilerine karşı gösterdiği tavra bağlı olarak birbirinden farklı yapısal sonuçlar doğurmuştur (Erdurmaz, 2013, s. 40). Söz konusu bu yapısal sonuçlar, Lee'nin (1966) dikkat çektiği "itici faktörleri" aniden tetikleyerek, Mısır ve Libya'nın uluslararası göç sistemindeki rollerini radikal bir şekilde dönüşüme uğratmıştır.

2.1 Libya'da Otorite Boşluğu, Devlet Çöküşü ve Yeni Bir "Transit Koridorun" İnşası

Muammer Kaddafi yönetiminde olan ve kendi kurduğu sistemin adı ile anılan Libya Cemahiriyesi, Arap Baharı öncesi dönemde bulunduğu bölge içerisinde zengin petrol yatakları ve görece yüksek millî geliri sayesinde, kendi yerel nüfusunu ülkesi içinde tutabilen ve Sahra Altı Afrika'dan gelen milyonlarca göçmen işçi için cazibe merkezi olan bir "hedef ülke" konumundaydı (Lacher, 2011, s. 140).

Kaddafi rejimi, AB ile yürüttüğü ikili anlaşmalar çerçevesinde Avrupa'ya geçişi engelleyen bir sınır bekçisi işlevi görmekteydi (Lacher, 2011, s. 141). Sahil güvenlik güçleri botları durduruyor, göçmenler toplama kamplarına alınıyordu. Afrika'nın içlerinden başlayan ve düzensiz göç dalgaları ile gelen göçmenleri daha çölün içinde, kıyı şeridine ulaşmadan durduran, AB adına çalışan bir "güvenlik filtreleme mekanizması" olmuştu (Lacher, 2011, s. 141).

Arap Baharı'nın Libya'yı etkilemesiyle birlikte bu tablo köklü biçimde değişmiştir. Kaddafi rejiminin devrilmesi merkezi otoritenin çöküşünü beraberinde getirmiştir. Devletin ortadan kalkmasıyla birlikte Libya hem kendi vatandaşlarını dışarı iten bir kaynak ülkeye hem de diğer ülkelerden kaçanların serbestçe geçebildiği bir transit ülkeye dönüşmüştür (Erdurmaz, 2013, s. 42). Siyasi istikrarsızlık ve güvenlik boşluğu, insan kaçakçılığı ağlarının güçlenmesine zemin hazırlamıştır (UNHCR, 2024, s. 35). Bu dönüşüm AB için de kritik sonuçlar doğurmuştur. Daha önce göç akışlarını filtreleyen Libya artık bu işlevi yerine getiremez hale gelmiş ve Akdeniz'den AB'ye ulaşmaya çalışan göçmen sayısı hızla artmıştır (Frontex, 2024, s. 22). Libya'nın yaşadığı bu çöküş, bölgesel göç dinamiklerini derinden dönüştüren yapısal bir kırılma noktası olmuştur.

Yönetimin çökmesiyle oluşan bu yapısal kırılma neticesinde Libya, kendi vatandaşlarını göç ettiren bir "kaynak ülke" ve Sahra Altı Afrika (Eritre, Somali, Nijer, Mali, Nijerya) ve hatta Asya ülkelerinden gelen diğer düzensiz göçmenlerin Avrupa'ya geçişini sağlayan "Transit Ülke" konumuna geçmiştir (UNHCR, 2024, s. 35). Güney sınırlarındaki binlerce kilometrelik çölün içerisinde kontrolsüz şekilde giren düzensiz göçmenler, milislerin kontrolündeki kıyı kentlerinde kurulan "toplama ve esir kamplarına" getirilmektedir. Burada insanlık dışı şartlar altında tutulan göçmenler, milislerin ve kaçakçıların finansal kaynağı haline gelerek Akdeniz üzerinden "Merkezi Akdeniz Rotası"ni kullanarak göçe yönlendirilmektedir (Frontex, 2024, s. 23).

Kaddafi rejiminin çöküşüyle birlikte Libya'da merkezi otoritenin yerini yıllarca devam edecek bir iktidar boşluğu almıştır. Onlarca yıl boyunca devlet kurumlarının önüne geçirilen kişisel sadakat ağları ve aşiret yapıları, rejim sonrasında kendi başlarına güç odaklarına dönüşmüştür. Birbirleriyle rekabet eden silahlı milisler, ülkenin farklı bölgelerini fiilen kontrol altına alarak Libya'yı parçalı bir savaş alanına çevirmiştir (Lacher, 2011, s. 145). Bu tablonun Dünya Sistemleri Teorisi perspektifinden değerlendirildiğinde önemi daha da belirginleşmektedir: Çevre konumundaki Libya, merkezi otoritesini yitirdikçe yalnızca kendi nüfusunu değil, daha da dezavantajlı çevre ülkelerinden gelen göç akışlarını da absorbe etmek zorunda kalan bir geçiş koridoruna dönüştürmüştür (Massey vd., 1993, s. 444).

AB'nin bu sürece müdahalesi ise derin bir çelişkiyi gözler önüne serdi. Bir yanda Güvenlikleştirme Teorisi'nin öngördüğü biçimde göçü varoluşsal tehdit olarak kodlayan AB, öte yandan bu tehdidi yaratan koşulların

oluşmasına zemin hazırladı. NATO'nun 2011 müdahalesi AB üyelerinin aktif desteğiyle gerçekleşti; Kaddafi rejimi devrildi ancak yerine işlevsel bir yönetim sistemi kurulmadı (Erdurmaz, 2013, s. 42). Düzensizliği ortadan kaldırmak için yapılan müdahale, çok daha derin ve yapısal bir düzensizlik yarattı. Bu paradoks, AB'nin güvenlikleştirme söyleminin içi boş bir söylemden ibaret olduğunu ortaya koymaktadır: Gerçek güvenlik hedeflenseydi, askeri müdahalenin ardından Libya'da devlet inşasına yönelik kapsamlı bir planlama kaçınılmaz olurdu (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74).

2.2 Mısır'ın Dönüşümü ve Hibrit (Kaynak/Transit) Göç Karakteri

Mısır'ın Arap Baharı süreci, 2011 yılında Tahrir Meydanı'nda gerçekleşen kitlesel halk hareketleriyle 30 yıllık Hüsnü Mübarek yönetiminin devrilmesiyle başlamıştır (UNHCR, 2024). Mısır, Libya'dan farklı bir dönüşüm süreci yaşamıştır. Ordunun varlığını ve gücünü koruması, tam anlamıyla bir devlet çöküşünün önüne geçmiştir (Kandil, 2012, s. 75). Bu sayede Mısır, Libya gibi kontrolsüz bir kaynak ülkeye dönüşmemiş, ancak bölgedeki istikrarsızlık nedeniyle hem sınırlı düzeyde göç veren hem de başka ülkelerden gelenleri AB'ye taşıyan kritik bir transit ülke konumuna gelmiştir. Özellikle Sahra altı Afrika ülkelerinden gelen göçmenler Mısır'ı AB'ye açılan bir geçiş koridoru olarak kullanmıştır (UNHCR, 2024, s. 40). Mısır'ın coğrafi konumu ve göreceli olarak işlevini sürdüren devlet yapısı, bu transit rolü hem mümkün hem de kaçınılmaz bir hale getirmiştir.

Mısır'dan gerçekleşen göç hareketlerinde itici faktörler Libya ile büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Sisi'nin yönetimin başına gelmesiyle inşa edilen katı güvenli yönetim anlayışı, Libya'daki düzensiz yapının aksine sınır hatlarını sıkı bir kontrol mekanizması altında tutmayı hedeflemiştir. Ancak mevcut siyasi yönetim ile baskı ortamına paralel olarak derinleşen ve kronik hale gelen siyasi baskı, ekonomik istikrarsızlık, kaos ortamı ve can güvenliğine ilişkin kaygılar Mısırlı bireyleri de zaman zaman göçe yöneltmiştir (Erdurmaz, 2013, s. 51).

Mısır, coğrafi konumu gereği süreç içerisinde aynı zamanda bir "Transit Ülke" rolü de oynamaktadır. İç savaşın etkisiyle yıkılan Suriye'den ve istikrarsızlığın vurduğu Libya'dan kaçan yüz binlerce mülteci Mısır'a sığınmıştır (UNHCR, 2024, s. 40). Mısır; gelen bu göçmenlerin bir kısmını kendi içinde tutmaya çalışsa da, ülkedeki kendi vatandaşlarını bile zorlayan sosyo-ekonomik şartların var olması sığınmacıları Mısır'ı bir durak olarak kullanarak hedef noktalarına yani Akdeniz rotası üzerinden AB topraklarına geçmeye zorlamıştır (Frontex, 2024, s. 25).

Mısır'ın Arap Baharı sürecindeki dönüşümünü anlamak için ekonomik duruma bakmak şarttır. Onlarca yıl boyunca kronik işsizlik, artan gelir eşitsizliği ve yüksek enflasyonla boğuşan Mısır halkı için 2008 küresel ekonomik krizi son damla olmuştur. Gıda fiyatlarındaki sert artış ve genç nüfus arasında yükselen işsizlik, Tahrir Meydanı'ndaki isyanın fitilini ateşleyen temel itici faktörlerden olmuştur (Lee, 1966, s. 50; Erdurmaz, 2013, s. 40). Bu bağlamda Dünya Sistemleri Teorisi'nin merkez-çevre eşitsizliği argümanı Mısır için son derece açıklayıcıdır: Küresel kapitalist düzenin çevre konumunda sıkışmış Mısır ekonomisi, yapısal kırılganlıklarını içeriden çözememiş ve bu kırılganlıklar zamanla göçü zorunlu kılan itici faktörlere dönüşmüştür (Massey vd., 1993, s. 444).

Muhammed Mursi'nin 2013'te askeri darbeyle devrilmesinin ardından iktidara gelen Sisi yönetimi, siyasi baskıyı kurumsal bir yönetim aracına dönüştürmüştür. Muhalefet susturulmuş, sivil özgürlükler kısıtlanmış ve insan hakları örgütlerinin raporladığı gözaltı ve işkence vakaları ciddi ölçüde artmıştır (Kandil, 2012, s. 75). Bu baskı ortamı, özellikle eğitimli genç nüfus ve muhalif kesimler için güçlü bir itici faktör olmuştur. Göç artık yalnızca ekonomik bir tercih değil, siyasi bir zorunluluk haline gelmiştir. Sınır güvenliğine yapılan yatırımlar artırılmış, düzensiz geçişlere yönelik denetim sıkılaştırılmış ve vize şartları zorlaştırılarak Mısır üzerinden transit geçişin önüne geçilmeye çalışılmıştır (Frontex, 2024, s. 25). Bu yaklaşım Güvenlikleştirme Teorisi'nin adeta sahadaki yansımasıdır (Buzan vd., 1998, s. 24). Göç olgusunu bir güvenlik tehdidi olarak kodlayan Mısır, olağanüstü sınır tedbirlerini meşru bir politika aracı olarak benimsemiştir. Ancak sınırları kapatmak itici faktörleri ortadan kaldırmamış aksine göçü daha tehlikeli ve daha pahalı kaçakçılık ağlarına yöneltmiştir.

Alınan tüm güvenlik önlemleri, sınır kontrolleri ve yasal kısıtlamalara rağmen Mısır'ın transit ülke niteliği fiilen devam etmiştir. Bunun temel nedeni, Mısır'ın yalnızca kendi vatandaşlarının göç ettiği bir kaynak ülke değil, aynı zamanda çevresindeki kriz bölgelerinden kaçan zorunlu göçmenler için güvenli kabul edilen ilk sığınma noktalarından biri haline gelmesidir. Özellikle Suriye iç savaşının yol açtığı kitlesel yerinden edilmeler, Sudan'da devam eden silahlı çatışmalar ve Libya'da devlet otoritesinin zayıflamasıyla derinleşen güvenlik boşluğu, yüz binlerce kişinin Mısır'a yönelmesine neden olmuştur. Böylece ülke, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'daki zorunlu göç hareketlerinin en önemli geçiş merkezlerinden biri olarak öne çıkmıştır (UNHCR, 2024, s. 40).

Ancak Mısır'ın uzun süreli ve kitlesel nüfus hareketlerini sürdürülebilir biçimde yönetebilecek ekonomik ve kurumsal kapasiteye sahip olmaması, transit ülke rolünü daha da belirgin hale getirmiştir. Yüksek enflasyon, işsizlik, sınırlı kamu kaynakları, sosyal hizmetler üzerindeki artan baskı ve ekonomik kırılganlık, ülkede bulunan mültecilerin ve sığınmacıların kalıcı entegrasyonunu büyük ölçüde zorlaştırmıştır. Bu nedenle Mısır, çok sayıda zorunlu göçmen açısından nihai yerleşim ülkesi olmaktan ziyade, Avrupa Birliği'ne ulaşmadan önce geçici olarak beklenen bir ara durak işlevi görmüştür. Başka bir ifadeyle, Mısır'da sağlanabilen görece güvenlik ortamı, ekonomik ve sosyal fırsatların yetersizliği nedeniyle uzun vadeli bir çözüm sunamamış; bu durum göçmenlerin Avrupa'ya yönelik hareketliliğini canlı tutmuştur.

Bu süreç, Ağ Teorisi perspektifinden değerlendirildiğinde daha kapsamlı biçimde açıklanabilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde daha önce yerleşmiş Mısırlı, Suriyeli, Sudanlı ve diğer Afrika kökenli diaspora toplulukları, yeni göç hareketlerinin yönünü belirleyen önemli bir sosyal sermaye kaynağı haline gelmiştir. Bu ağlar aracılığıyla potansiyel göçmenlere iltica prosedürleri, sınır geçiş güzergâhları, çalışma ve barınma olanakları, hukuki süreçler ile günlük yaşama ilişkin pratik bilgiler aktarılmakta; böylece göçün maliyeti, belirsizliği ve risk algısı önemli ölçüde azalmaktadır (Massey vd., 1993, s. 448). Bunun yanı sıra diaspora topluluklarının sağladığı sosyal dayanışma, ilk yerleşim sürecinde barınma, istihdam ve toplumsal uyum konularında önemli kolaylıklar sunarak belirli Avrupa Birliği ülkelerinin diğerlerine kıyasla daha fazla tercih edilmesine katkıda bulunmaktadır.

Dolayısıyla Mısır'ın transit ülke rolünün devamlılığı yalnızca coğrafi konumu ile açıklanamaz. Bölgesel çatışmaların ürettiği zorunlu göç baskısı, ülkenin sınırlı ekonomik kapasitesi ve Avrupa'daki diaspora ağlarının sağladığı sosyal ve ekonomik avantajlar birlikte değerlendirildiğinde, Mısır'ın Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç güzergâhındaki stratejik konumu daha net anlaşılmaktadır. Bu durum, göç hareketlerinin yalnızca itici ve çekici faktörlerle değil, aynı zamanda ulus-ötesi sosyal ağlar ve bölgesel jeopolitik dinamiklerin etkileşimiyle şekillendiğini de göstermektedir.

3. AB ÜLKELERİNE GÖÇÜN NEDENLERİ VE ÇEKİCİ FAKTÖRLER

Mısır ve Libya'da Arap Baharı sonrasında yaşanan siyasal kırılmalar, devlet kapasitesinin zayıflaması ve özellikle Libya'da merkezi otoritenin büyük ölçüde çökmesi, Akdeniz'i Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç hareketlerinin en yoğun güzergâhlarından biri haline getirmiştir. Bu süreçte Merkezi Akdeniz Rotası (Central Mediterranean Route), yalnızca coğrafi bir geçiş hattı olmanın ötesine geçerek, savaş, siyasal baskı, ekonomik kriz ve insani güvensizlikten kaçan yüz binlerce göçmen ve sığınmacının Avrupa'ya ulaşmak için kullandığı stratejik bir düzensiz göç koridoruna dönüşmüştür (Frontex, 2024, s. 28). Özellikle Libya kıyılarından İtalya ve Malta'ya uzanan deniz hattı, hem düzensiz göç hareketlerinin yoğunlaştığı hem de insan kaçakçılığı ağlarının faaliyet gösterdiği en kritik göç güzergâhı olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle Merkezi Akdeniz Rotası, günümüzde yalnızca bir ulaşım koridoru değil; güvenlik, insan hakları, uluslararası koruma ve sınır yönetimi tartışmalarının kesiştiği çok katmanlı bir jeopolitik alan niteliği taşımaktadır.

Göç hareketlerinin büyük ölçüde Akdeniz'e kıyası bulunan üye devletler üzerinden gerçekleşmesi, Avrupa Birliği içerisinde göç yönetimine ilişkin önemli bir yapısal ayrışmayı da görünür hale getirmektedir. Bu bağlamda, düzensiz göç akımlarını ilk karşılayan İtalya, Yunanistan, Malta ve kısmen İspanya gibi ilk giriş ülkeleri, Avrupa Birliği'nin dış sınırlarını koruma ve ilk kabul süreçlerini yürütme konusunda orantısız bir yük üstlenmektedir.

Buna karşılık Almanya, Fransa, Hollanda, İsveç ve benzeri ülkeler ise göçmenlerin uzun vadede yerleşmeyi, çalışmayı veya uluslararası koruma talebinde bulunmayı hedefledikleri nihai hedef ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, Avrupa Birliği'nin coğrafi sınırları içerisinde göçün maliyetleri ile göçün uzun vadeli ekonomik ve toplumsal sonuçlarının farklı üye devletler arasında eşit dağılmamasına neden olmaktadır.

Merkezi Akdeniz Rotası üzerinden gerçekleşen düzensiz göç, Avrupa Birliği içerisinde yalnızca sınır güvenliği meselesi değil; aynı zamanda sorumluluk paylaşımı, dayanışma, ortak göç yönetimi ve uluslararası koruma sisteminin işleyişine ilişkin yapısal bir kriz üretmektedir. Bir yanda dış sınırları koruyan ilk giriş ülkeleri, diğer yanda göçmenlerin ulaşmayı hedeflediği nihai hedef ülkeler arasında ortaya çıkan çıkar farklılıkları, Avrupa Birliği'nin ortak göç politikasının uygulanmasını güçleştirmekte ve göç yönetimini Birlik'in en tartışmalı politika alanlarından biri haline getirmektedir. Bu nedenle Mısır ve Libya kaynaklı düzensiz göç hareketleri, yalnızca kaynak ve transit ülkelerde yaşanan krizlerin bir sonucu değil; aynı zamanda Avrupa Birliği'nin iç bütünlüğünü, ortak sorumluluk mekanizmalarını ve göç yönetişimini doğrudan etkileyen çok boyutlu bir yapısal olgu olarak değerlendirilmelidir.

3.1 Göçü Sınırdan İlk Karşılaman Ülkeler: İtalya, İspanya ve Malta

Merkezi Akdeniz Rotası üzerinden gelen göçmenler için İtalya, İspanya ve Malta, coğrafi zorunluluk nedeniyle ilk karşılaşma noktası olmaktadır. Libya ve Mısır kıyılarından yola çıkan göçmen tekneleri, açık denizin zorlu koşullarını aştıktan sonra ulaşabildikleri ilk kara parçası olarak bu iki ülkenin kıyılarına yönelmektedir. Özellikle Kuzey Afrika kıyılarına yalnızca 113 kilometre mesafede bulunan İtalya'nın Lampedusa Adası, Arap Baharı'nın ilk yıllarından bu yana insani krizlerin, deniz kurtarma operasyonlarının ve kitlesel karşılama süreçlerinin odak noktası haline gelmiştir (Frontex, 2024, s. 31).

İtalya'nın maruz kaldığı baskı yalnızca sayısal bir yük meselesi değildir. Lampedusa gibi küçük adaların altyapısı binlerce kişilik ani göç dalgalarını karşılamak için tasarlanmamıştır. Kabul merkezlerindeki kapasite aşımı ve sağlık hizmetlerine erişim gücü insani krizlere zemin hazırlamıştır (UNHCR, 2024, s. 44). İtalya hükümetleri bu yükü AB ile paylaşmak için defalarca çağrıda bulunmuş ancak yanıt büyük ölçüde yetersiz kalmıştır. Bu durum İtalya'da göçe karşı sertleşen siyasi söylemlerin ve aşırı sağ partilerin güçlenmesinin de yapısal zeminini oluşturmuştur (Koçak & Gündüz, 2016, s. 83).

Dublin Tüzüğü'nün ilk giriş ülkesine sorumluluk yükleyen yapısı (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2013, Madde 13), bu ülkeleri kimlik tespiti, barındırma, sağlık kontrolü ve sığınma başvurularının işleme alınması gibi tüm idari ve lojistik yükün tek taraflı olarak üstlenildiği zorunlu tampon bölgelere dönüştürmüştür (Hatton, 2009, s. 185). Küçük ada devleti Malta ise kendi ulusal nüfusuna ve yüz ölçümüne oranla en yoğun düzensiz göçe maruz kalan ülkeler arasında yer almakta; bu durum ülkenin idari kapasitesini sürekli olarak zorlamaktadır (UNHCR, 2024, s. 44). Bu sistemin yarattığı gerilim yalnızca sınır ülkeleriyle sınırlı kalmamaktadır.

Göçmenlerin büyük çoğunluğu geri gönderilme riskini azaltmak ve üçüncü bir ülkede sığınma hakkı talep edebilmek amacıyla kimliklerini vermekten kaçınmakta, kayıt dışı kalmayı bilinçli olarak tercih etmektedir. Bahsedilen durum hem sınır ülkelerindeki kamplarda insani krizlere yol açmakta hem de sığınma süreçlerini uzatan bürokratik bir çıkmaza dönüşmektedir (Koçak & Gündüz, 2016, s. 77).

Aynı hukuki çerçeveye tabi olan AB üyesi devletlerin bu yük karşısında birbirinden çok farklı tutumlar sergilemesi ise ayrı bir gerilim kaynağı oluşturmaktadır. Almanya ve Fransa gibi kuzey ülkeleri göçün nihai hedefi konumundayken Polonya ve Macaristan gibi doğu üyeleri göçmen kabulünü açıkça reddederek dayanışma yükümlülüklerini fiilen askıya almıştır. Bu tablo, Dublin sisteminin AB içindeki kurumsal uyumu değil, aksine derin bir siyasi gerilimi beslediğini açıkça ortaya koymaktadır (Hatton, 2009, s. 190). Frontex'in bu süreçte giderek daha merkezi bir rol üstlenmesi ise sınır yönetiminin koordinasyondan güvenlikleştirmeye doğru kayışının kurumsal göstergesi olmuştur (Frontex, 2024, s. 45).

3.2 Nihai Hedef Ülkeler ve Çekici Faktörleri

Göçmenlerin İtalya ve Malta'yı transit nokta olarak kullanıp Almanya ve Fransa'ya yönelmesi tesadüfi değil aksine bilinçli bir tercihin sonucudur. Avrupa İstatistik Ofisi verileri incelendiğinde bu iki ülkenin düzensiz göçmenler tarafından en çok tercih edilen sığınma başvurusu hedefleri arasında yer aldığı görülmektedir (Eurostat, 2024, s. 18). Bu tercihin arkasında birbirini güçlendiren birkaç temel faktör yatmaktadır. Öncelikle her iki ülkenin göç ve sığınma politikaları diğer AB üyelerine kıyasla görece kapsayıcı bir yapıdadır. Özellikle 2015 krizinde Almanya'nın benimsediği açık kapı tutumu, ülkeyi göçmenler için somut ve ulaşılabilir bir hedef haline getirmiştir. Bu politika imajı sonraki yıllarda da Almanya'nın cazibesini korumaya devam etmiş; ülke hem sığınma başvurusu hem de düzensiz giriş açısından AB içindeki en yoğun hedef konumunu sürdürmüştür (Koçak & Gündüz, 2016, s. 70).

Almanya'nın demografik yapısı da bu tercihi destekleyen etkidir. Yaşlanan nüfus ve bazı sektörlerdeki kronik iş gücü açığı, göçmenlerin kayıt dışı ya da yasal yollarla iş piyasasına dahil olmasını kolaylaştırmaktadır. Bunun yanı sıra gelişmiş sosyal güvence sistemi, ücretsiz sağlık hizmetleri ve eğitime erişim imkânları göçmenler için ülkenin çekim gücünü daha da artıran faktörlerdendir (Koçak & Gündüz, 2016, s. 72).

Fransa özelinde ise dil faktörü belirleyici bir rol oynamaktadır. Fransa'nın Kuzey Afrika'daki eskiye dayanan köklü sömürge geçmişi, bu bölgelerden gelen göçmenlerin büyük çoğunluğunun Fransızcaya aşina olmasını sağlamıştır (Castles & Miller, 2009, s. 84). Dil bariyerinin aşılmış olması; bürokratik süreçleri, eğitime erişimi ve gündelik yaşama uyumu doğrudan kolaylaştıran yapısal bir avantaja dönüşmektedir. Göçmenler için yabancı bir ülkede kendi dilinde iletişim kurabilmek yalnızca pratik bir kolaylık değil, aynı zamanda psikolojik bir güvence kaynağı haline gelmiştir.

AB içindeki tercih farklılıkları yalnızca Almanya ve Fransa ekseninde değil, daha geniş bir coğrafyada da kendini göstermektedir. İsveç ve Hollanda gibi ülkeler de güçlü sosyal refah sistemleri ve görece kapsayıcı sığınma politikaları nedeniyle göçmenler için cazip hedefler arasında yer almıştır (Koçak & Gündüz, 2016, s. 70). Buna karşın Doğu Avrupa üyeleri göçmen kabulünü reddederek bu çekim gücünün coğrafi olarak ne kadar adaletsiz dağıldığını ortaya koymaktadır.

Son olarak bu ülkelerde onlarca yıl içinde güçlenerek devam eden diaspora ağları bulunmaktadır. Daha önce göç etmiş akraba ve hemşehrilerinin sunduğu sosyal sermaye, yeni göçmenler için barınma, iş bulma ve uyum süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır (Massey vd., 1993, s. 449). Nereye gidileceğini, sınırların nasıl geçileceğini ve gündelik yaşamın nasıl işlediğini önceden bilen biri için göçün maliyeti ve riski önemli ölçüde azalmaktadır. Bu ağlar, Lee'nin teorisindeki çekici faktörleri somutlaştıran ve göç kararını rasyonel bir zemine oturtan en güçlü mekanizmalardan birini oluşturmaktadır.

4. GÖÇ YÖNETİM SÜRECİ VE AB'NİN ÇIKMAZLARI

Arap Baharı'nın Mısır ve Libya'da oluşturduğu toplumsal ve siyasal sarsıntılar, yalnızca bu ülkelerin iç düzenlerini değil, aynı zamanda Avrupa Birliği'nin dış sınır rejimini ve göç yönetim mimarisini de derinden etkilemiştir. Devlet otoritesinin zayıflaması, iç çatışmaların yayılması ve güvenlik boşluklarının ortaya çıkmasıyla birlikte Akdeniz'in güney havzası, kısa sürede yoğun ve kontrol edilmesi güç bir düzensiz göç üretim alanına dönüşmüştür. Bu durum, Avrupa Birliği açısından göç olgusunu klasik bir insan hareketliliği meselesi olmaktan çıkararak, kurumsal kapasiteyi zorlayan ve uzun vadeli yönetim krizlerine yol açan yapısal bir sına haline getirmiştir. Özellikle çok kültürlülük ve insan hakları temelleri üzerine inşa edildiği iddia edilen Avrupa göç rejimi, artan düzensiz akışlar karşısında giderek daha güvenlik odaklı ve kontrol merkezli bir yapıya evrilmiştir.

Bu bağlamda Avrupa Birliği, Akdeniz'in güney kıyılarından yönelen düzensiz göç hareketlerini salt insani koruma ve uluslararası sığınma rejimi çerçevesinde değerlendirmek yerine, giderek daha fazla güvenlik söylemi üzerinden tanımlamaya başlamıştır. Kopenhag Okulu tarafından geliştirilen güvenlikleştirme yaklaşımı

çerçevesinde, göç olgusu siyasal aktörler tarafından toplumsal güvenlik, kamu düzeni ve devlet egemenliği açısından bir “varoluşsal tehdit” olarak çerçevelenmiş ve bu şekilde meşrulaştırılmıştır (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74). Bu söylemsel dönüşüm, göçün nesnel özelliklerinden bağımsız olarak, politik ve kurumsal düzlemde yeniden inşa edilmesi anlamına gelmiş; böylece olağan bir toplumsal hareketlilik alanı olan göç, istisnai güvenlik politikalarının uygulandığı bir müdahale sahasına dönüştürülmüştür.

Güvenikleştirme sürecinin kurumsal yansımaları ise Avrupa Birliği göç politikasında iki temel eksenle belirginleşmiştir. İlk olarak, iç sınırların giderek daha fazla militarize edilmesi ve sınır kontrol mekanizmalarının yoğunlaştırılması dikkat çekmektedir. Bu kapsamda sınır güvenliği teknolojilerinin artırılması, deniz devriyelerinin genişletilmesi, geri itme uygulamalarının yaygınlaşması ve Frontex gibi sınır koruma ajanslarının operasyonel kapasitesinin güçlendirilmesi, göç akışlarını kontrol altına alma stratejisinin temel bileşenleri haline gelmiştir. İkinci olarak ise göçün Avrupa Birliği sınırlarının dışına itilmesini amaçlayan dışsallaştırma (externalization) stratejileri öne çıkmıştır. Bu strateji, göçün kaynağında veya transit ülkelerde kontrol edilmesini hedefleyen ikili anlaşmalar, mali destek programları, geri kabul düzenlemeleri ve üçüncü ülkelerle geliştirilen güvenlik iş birlikleri aracılığıyla yürütülmektedir.

Gelinen noktada Arap Baharı sonrası ortaya çıkan jeopolitik kırılmalar, Avrupa Birliği’nin göç yönetimini yalnızca teknik bir idari alan olmaktan çıkararak, güvenlik, egemenlik ve insan hakları arasında gerilim üreten karmaşık bir politika alanına dönüştürmüştür. Bu dönüşüm, bir yandan sınırların daha sıkı kontrol edilmesini ve göçün dışsallaştırılmasını mümkün kılarken, diğer yandan Avrupa Birliği’nin normatif kimliğini oluşturan insan hakları ve çok kültürlülük ilkeleri ile güvenlik merkezli uygulamaları arasında yapısal bir gerilim yaratmıştır. Bu nedenle göç yönetimi, günümüzde Avrupa Birliği açısından yalnızca bir politika alanı değil, aynı zamanda kurumsal tutarlılık ve normatif meşruiyet açısından sınanan bir kriz alanı niteliği taşımaktadır.

4.1 Yönetilebilirlik Sorunu ve Sınırların Militarizasyonunda Frontex’in Rolü

Avrupa Birliği’nin ortak dış sınır yönetimi, 2004 yılında kurulan Frontex ajansı aracılığıyla yürütülmektedir. Schengen sistemiyle iç sınırların ortadan kalkmasının ardından dış sınırların koordineli biçimde korunması zorunlu hale gelmiş; Frontex bu ihtiyaca yanıt vermek üzere başlangıçta üye devletler arasında iş birliğini kolaylaştıran mütevazı bir koordinasyon ofisi olarak faaliyete başlamıştır (Frontex, 2024, s. 45). Ancak 2011 sonrasında Arap Baharı’nın tetiklediği kitlesel göç dalgasıyla birlikte ajansın yapısı köklü biçimde değiştiği söylenebilir.

Artan göç baskısı karşısında Frontex’in bütçesi ve personel kapasitesi her yıl katlanarak genişletilmiştir. Koordinasyon işlevi zamanla yerini aktif sınır güvenliği operasyonlarına bırakmıştır. Ajans; İHA’lar, termal kameralar, silahlı devriye gemileri, biyometrik veri toplama sistemleri ve risk profili oluşturma teknolojileriyle donatılarak fiilen bir paramiliter güvenlik mekanizmasına dönüştürülmüştür (Frontex, 2024, s. 48).

Akdeniz havzası bu süreçte adeta sürekli gözetim altında tutulan bir caydırma ve engelleme bölgesine dönüşmüştür. Bu dönüşüm tesadüfi değildir. Göç olgusunun insani ve hukuki bir mesele olmaktan çıkarılıp askeri bir tehdit unsuru olarak yeniden tanımlanmasının kurumsal yansımasıdır. Frontex’in bu yeni rolü Kopenhag Okulu’nun güvenlikleştirme teorisiyle doğrudan örtüşmektedir: Söylem bir kez yerleşince olağanüstü tedbirler meşru zemine oturmakta, sınırların militarizasyonu kaçınılmaz bir politika tercihi olarak sunulmaktadır (Buzan vd., 1998, s. 24).

Frontex’in dönüşümü yalnızca kurumsal bir büyüme değil, misyon kaymasının da somut göstergesidir. Başlangıçta koordinasyon işlevi üstlenen ajans, zamanla biyometrik veri toplama, risk profili oluşturma ve göçmen sınıflandırma sistemleriyle donatılmış bir güvenlik şirketine dönüştürmüştür (Frontex, 2024, s. 48). Bu sistemler aracılığıyla AB sınırlarına yaklaşan her bireyin kimliği, geçmiş seyahatleri ve “risk skoru” önceden hesaplanmaya başlanmıştır.

Ayrıca Frontex'in en tartışmalı operasyonları sınır dışında gerçekleşti. Uluslararası insan hakları örgütleri, ajansın Yunanistan ve İtalya karasularında gerçekleştirilen “geri itme” (pushback) operasyonlarını belgeledi. Göçmen teknelerinin AB sularına girmeden Libya veya Türkiye kıyılarına geri yönlendirilmesi, uluslararası deniz hukuku ve geri göndermeme ilkesini açıkça ihlal etmekteydi (UNHCR, 2024, s. 52). Frontex bu operasyonlara doğrudan katılımını reddetti ancak üye devletlerin gerçekleştirdiği geri itme eylemlerini de fiilen görmezden geldi. Bu tutum, ajansın insan hakları denetim mekanizmalarının işlevsizliğini gözler önüne sermiştir.

Dışsallaştırma stratejisiyle bağlantılı olarak Frontex, Libya ve Mısır gibi transit ülkelerdeki güvenlik güçleriyle de dolaylı iş birliği içine girmiştir. AB adına sınır kontrolü yapan bu ülkelerin kötü muamele ve işkence uygulamaları uluslararası raporlarda belgelenmiş olmasına karşın iş birliğini sürdürdü (UNHCR, 2024, s. 55). Böylece AB hem kendi sınırlarını korudu hem de insan hakları ihlallerinin faili olmaktan kaçınarak “temiz eller” söylemini korumaya devam etti. Bu yaklaşım Dünya Sistemleri Teorisi'nin merkez-çevre mantığını doğrulamaktadır: Merkez kendi refahını korurken maliyeti çevreye ve en dezavantajlı gruplara yükledi (Massey vd., 1993, s. 444).

4.2 Göçün Dışsallaştırılması Stratejisi

Dublin Tüzüğü çerçevesinde AB topraklarına ayak basan her göçmen için üye devletler kayıt, barındırma, sığınma değerlendirmesi ve gerektiğinde geri gönderme yükümlülüğü taşımaktadır. Bu süreçlerde yaşanan insan hakları ihlalleri AB'yi dünya kamuoyu önünde ciddi eleştirilere maruz bırakmaktaydı (UNHCR, 2024, s. 52). Dışsallaştırma stratejisi tam da bu noktada devreye girdi. AB, göçmenlerin kendi sınırlarına ulaşmasını beklemek yerine onları daha önceki aşamada yani transit ülkelerde durdurmayı hedefledi. Libya Sahil Güvenliği'ne verilen mali destek ve ekipman, Mısır askeri rejimine sağlanan finansal yardımlar bu stratejinin somut araçları oldu (UNHCR, 2024, s. 52). Böylece AB hem göçün getirdiği idari yükten kurtuldu hem de insan hakları ihlallerinin doğrudan faili olmaktan kaçınarak demokratik imajını koruma altına aldı. Ancak bu stratejinin bedeli göçmenler için son derece ağır oldu. Libya'daki gözaltı merkezlerinde belgelenen işkence, köle emeği, cinsel istismar ve fidye sarmalı vakaları, AB'nin finansmanı ile ayakta tutulan bir sistem oluşturdu (UNHCR, 2024, s. 55).

Göçmenler AB sınırlarına ulaşmadan bu merkezlerde tutulmakta; uluslararası hukukun güvence altına aldığı geri göndermeme ilkesi (BM, 1951, Madde 33) fiilen işlevsiz kılınmaktadır. Benzer bir model Mısır üzerinde de uygulanmaktadır. AB, derinleşen ekonomik krizle boğuşan Sisi rejimine yüksek miktarda finansal yardım sağlayarak Kahire yönetiminden Akdeniz kıyılarındaki düzensiz çıkışları engellenmesini talep etmiştir (Eurostat, 2024, s. 22). Mısır bu yardımlar karşılığında kendi deniz sınırlarını kapatırken içerideki mültecilerin ve kendi vatandaşlarının karşılaştığı itici faktörler ortadan kalkmamış, aksine baskı mekanizmaları beslenmeye devam etmiştir. Dışsallaştırma stratejisi sonuç olarak sorunu çözmek yerine görünmez kılmayı tercih eden ve uluslararası hukuk açısından derin çelişkiler barındıran bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

AB'nin Libya ve Mısır'a sağladığı finansal yardımlar resmi söylemde “kurumsal kapasite geliştirme” ve “sınır yönetimi” başlığı altında sunulmaktadır. Ancak bu yardımların fiili kullanımı incelendiğinde asıl amacın göçü AB topraklarına ulaşmadan durdurmak olduğu açıkça görülmektedir (UNHCR, 2024, s. 52). Libya Sahil Güvenliği'ne verilen tekne, ekipman ve eğitim desteği, denizde yakalanan göçmenlerin Libya'daki gözaltı kamplarına geri götürülmesini sağlamıştır. AB bu şekilde kendi kaynaklarını ve kolluk kuvvetlerini kullanmak yerine başkasının kaynaklarını ve kolluk kuvvetlerini kullanarak göçü engellemeye çalıştığı söylenebilir.

Bu sistemin göçmenler için yarattığı sonuçlar oldukça yıkıcı olmuştur. Zira Libya'ya geri götürülen göçmenler, Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi kararlarında ve BM raporlarında ayrıntılı biçimde belgelenen işkence, zorla çalıştırma, cinsel şiddet ve fidye uygulamalarına maruz kalmışlardır (UNHCR, 2024, s. 55). Zulümden kaçarken yeniden zulme teslim edilen bu bireyler için AB finansmanı ile desteklenen sistem, koruma sağlamak bir yana, adeta zulmün kendisini finanse eden bir sisteme dönüşmüştür. Güvenlikleştirme Teorisi bu tabloyu çarpıcı

biçimde açıklamaktadır: Göçmen bir tehdit unsuru olarak kodlandığında, onun korunması değil engellenmesi meşrulaşmaktadır (Buzan vd., 1998, s. 24).

Mısır özelinde ise tablo biraz farklı işlemektedir. AB'nin Sisi rejimiyle kurduğu finansal ilişki, Mısır'ın kendi sınırlarındaki kontrolü sıkılaştırması karşılığında ekonomik destek alması biçiminde şekillendi (Eurostat, 2024, s. 22). Sisi yönetimi bu desteği hem sınır güvenliğini güçlendirmek hem de iç siyasi baskı mekanizmalarını beslemek için kullandı. Göçü durdurmak adına kurulan bu sistem, aynı zamanda göçe zemin hazırlayan itici faktörleri siyasi baskı, ekonomik kriz, insan hakları ihlalleri vb. daha da derinleştirdi. Dünya Sistemleri Teorisi'nin öngördüğü çevre-merkez döngüsü burada kendini açıkça göstermektedir: Merkez kendi sınırını korurken çevrenin yapısal sorunlarını çözmek yerine onları araçsallaştırmaktadır (Massey vd., 1993, s. 444).

4.3 Adaletsiz Yük Paylaşım Sistemi

AB içindeki yük paylaşımı krizi dışsallaştırma stratejisiyle de çözüme kavuşmamıştır. Dublin sistemi gereği Akdeniz'e kıyısı olan güney ülkeler tüm operasyonel yükü taşıırken kuzey ve doğu üyeleri sorumluluktan büyük ölçüde muaf kalmışlardır (Hatton, 2009, s. 190). Polonya ve Macaristan gibi ülkelerin göçmen kotalarını açıkça reddetmesi Birlik içindeki dayanışma ilkesini fiilen işlevsiz kılarak kurumsal güven krizini derinleştirmiştir. Bu eşitsizlik yalnızca lojistik bir sorun olmaktan çıkarak siyasi bir kırılmaya dönüşmüştür.

Güvenlikçi söylemlerin körüklediği yabancı düşmanlığı ve aşırı sağın yükselişi, göçmenlerin istihdam, barınma ve sosyal hayata katılımını ciddi ölçüde zorlaştırdı (Koçak & Gündüz, 2016, s. 83). Göçmenlerin toplumsal dışlanma süreçleriyle karşılaşması, gettolaşma ve etnik temelli alt kültür oluşumlarını besleyerek hedef ülkelerin iç toplumsal barışını tehdit eden yeni kırılmalıklar yarattı.

Tüm bu gelişmeler bir arada değerlendirildiğinde, Avrupa Birliği'nin mevcut göç yönetimi yaklaşımının düzensiz göç olgusunu çözmekten ziyade, onu yönetilebilir sınırlar içerisinde geçici olarak kontrol altında tutmaya odaklandığı görülmektedir. Sınırların giderek artan biçimde militarize edilmesi, göçün üçüncü ülkelere taşınmasını hedefleyen dışsallaştırma politikaları ve üye devletler arasında ortaya çıkan adaletsiz yük paylaşımı birlikte ele alındığında, ortaya çıkan tablo Avrupa Birliği'nin kendi normatif temelini oluşturan demokrasi, insan hakları ve dayanışma ilkeleriyle belirgin bir gerilim içerisindedir. Bu durum, yapısal nedenlere yönelmek yerine göçün görünür sonuçlarını yönetmeyi tercih eden bir politika mimarisine işaret etmekte ve dolayısıyla göç krizinin çözülmesinden ziyade ertelenmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir ve bütüncül bir göç yönetişi, yalnızca sınır güvenliği araçlarının güçlendirilmesiyle değil; Dublin sisteminin yeniden yapılandırılması, yük paylaşımını esas alan bağlayıcı ve adil kota mekanizmalarının geliştirilmesi ve göçün temel nedenlerini oluşturan kaynak ülkelerdeki yapısal itici faktörlerin uluslararası iş birliği çerçevesinde ele alınmasıyla mümkün olabilecektir (Koçak & Gündüz, 2016, s. 74).

Bu çerçevede özellikle Dublin Sistemi'nin yarattığı yapısal eşitsizlik, teknik bir koordinasyon sorunu olmanın ötesinde, Avrupa Birliği'nin kurumsal dayanışma ilkesini zayıflatan ve ortak politika üretme kapasitesini sıyan bir kriz alanı olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu sistem, sığınma başvurularının değerlendirilmesinde ilk giriş ülkesini esas alarak coğrafi konumu itibarıyla dış sınırda yer alan üye devletler üzerinde orantısız bir sorumluluk yoğunlaşmasına yol açmaktadır. Bu durum özellikle Yunanistan, İtalya ve Malta gibi Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerin hem idari hem de insani açıdan kapasite sınırlarını zorlamakta ve göç yönetimini büyük ölçüde bu ülkelerin taşıdığı bir yük haline getirmektedir.

Öte yandan Avrupa Birliği içinde yer alan bazı üye devletlerin bu yük paylaşım mekanizmalarına direnç göstermesi, sistemin işleyişini daha da kırılgan hale getirmiştir. Özellikle Polonya, Macaristan ve Çek Cumhuriyeti gibi ülkelerin Avrupa Komisyonu tarafından önerilen yeniden yerleştirme ve göçmen kabul mekanizmalarına karşı çıkmaları, yalnızca teknik bir uyumsuzluk değil, aynı zamanda Birlik hukukunun bağlayıcılığına ve ortak sorumluluk ilkesine yönelik siyasi bir itiraz niteliği taşımaktadır (Hatton, 2009, s. 190).

Bu tutum, bir yandan dayanışma ve ortak hareket etme söyleminin devam ettirilmesine rağmen, diğer yandan pratikte ulusal çıkarların önceliklendirildiği seçici bir entegrasyon yaklaşımını ortaya koymaktadır.

Dublin Sistemi etrafında şekillenen bu asimetrik yapı, Avrupa Birliği'nin ortak göç politikası üretme kapasitesini ciddi biçimde zayıflatmakta ve göç meselesini Birlik içi siyasi gerilimlerin merkezine yerleştirmektedir. Yüksek paylaşımdaki adaletsizlik, yalnızca idari bir sorun değil; aynı zamanda Avrupa entegrasyon sürecinin dayanışma boyutunu test eden yapısal bir kriz olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle göç yönetiminin etkinliği, yalnızca dış sınırların kontrolüne değil, aynı zamanda Birlik içi sorumluluk paylaşımının yeniden dengelenmesine ve üye devletler arasında daha bağlayıcı bir dayanışma mekanizmasının kurulmasına bağlıdır.

Bu eşitsizliğin yarattığı toplumsal gerilim zamanla iç siyasete yansdı. Konut, istihdam ve sosyal hizmetler üzerindeki baskının göçmenlere atfedilmesi, aşırı sağ partilerin seçmen tabanını genişletmesine zemin hazırladı (Koçak & Gündüz, 2016, s. 83). İtalya'da Lega, Fransa'da Rassemblement National, Almanya'da AfD gibi göçmen karşıtı partilerin yükselişi bu süreçle doğrudan bağlantılıdır. Güvenikleştirme söylemi artık yalnızca hükümet politikalarında değil, seçmen tercihlerinde de belirleyici bir faktöre dönüşmüştü (Buzan vd., 1998, s. 24).

En çarpıcı toplumsal paradoks ise daha önce göç ederek bu ülkelerde yerleşmiş bireylerin de yeni göç dalgasına karşı çıkmasıdır. Onlarca yıl önce aynı güzergahları kullanan ve bugün ev sahibi topluma entegre olmuş diaspora mensupları, yeni göçmen akışlarının kendi kazanımlarını tehdit ettiği endişesiyle zaman zaman göç karşıtı söylemlere destek verdi. Ağ Teorisi açısından bu durum derin bir çelişkiyi barındırmaktadır.

5. SONUÇ

Arap Baharı sonrasında Mısır ve Libya'nın göç rejimi içerisindeki konumları, geleneksel ve nispeten homojen göç akış yapılarından uzaklaşarak daha karmaşık ve hibrit bir karakter kazanmıştır. Bu dönüşüm, her iki ülkenin de yalnızca göç gönderen ya da göç alan aktörler olmaktan çıkarak, aynı anda hem kaynak hem de transit ülke işlevlerini üstlendiği çok katmanlı bir göç rejiminin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Söz konusu değişim, bölgesel siyasal kırılmaların, devlet kapasitesindeki farklılaşmaların ve güvenlik mimarisindeki çözümlerin göç hareketleri üzerindeki belirleyici etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Libya örneğinde, Muammer Kaddafi'nin devrilmesiyle sonuçlanan NATO müdahalesi sonrasında devletin kurumsal yapısında yaşanan hızlı çözülme, ülkeyi klasik anlamda bir "failed state" (başarısız devlet) modeline sürüklemiştir. Merkezi otoritenin zayıflaması, güvenlik kurumlarının işlevsizleşmesi ve sınır kontrol mekanizmalarının fiilen ortadan kalkması, Libya'yı göç yönetimi açısından denetimsiz bir alan haline getirmiştir. Kaddafi döneminde Avrupa Birliği ile dolaylı biçimde işleyen ve Libya'yı Akdeniz geçişlerinde bir tür dış sınır koruma tamponu olarak konumlandıran kontrol mekanizmaları, rejim değişikliği sonrasında sürdürülemez hale gelmiştir. Bu kurumsal boşluk, ülkenin Sahra Altı Afrika ve Asya kökenli düzensiz göçmenler için Avrupa'ya yönelen hareketlilikte en kritik geçiş koridorlarından biri haline gelmesine neden olmuştur. Böylece Libya, yalnızca göç veren ya da göç alan bir ülke olmaktan çıkarak, yoğun düzensiz göç akımlarının düğüm noktası niteliğinde bir transit ülkeye dönüşmüştür.

Mısır ise kurumsal devlet yapısını, özellikle ordu merkezli güçlü yönetim geleneği sayesinde Libya'ya kıyasla daha yüksek ölçüde korumuş olsa da, siyasal ve ekonomik düzlemde önemli kırılmalıklar yaşamıştır. Mübarek sonrası geçiş süreci ve Sisi yönetimi döneminde derinleşen siyasal kutuplaşma, ekonomik istikrarsızlık ve yapısal reform eksiklikleri, ülkenin sosyoekonomik dengesini olumsuz yönde etkilemiştir. Özellikle yüksek enflasyon, para biriminin değer kaybı, işsizlik oranlarındaki artış ve eğitilmiş genç nüfus arasında yaygınlaşan işsizlik olgusu, Mısır'ı önemli ölçüde "itici faktörlerin" baskın olduğu bir kaynak ülke konumuna taşımıştır. Bu bağlamda ülke, yalnızca bölgesel göç akımlarına ev sahipliği yapan bir transit alan değil, aynı zamanda kendi vatandaşlarının da yoğun biçimde dış göçe yöneldiği bir kaynak ülke niteliği kazanmıştır.

Bununla birlikte Mısır'ın coğrafi konumu ve bölgesel krizlerle çevrili yapısı, onu aynı zamanda önemli bir transit ülke haline de getirmiştir. Suriye iç savaşı, Sudan'daki çatışmalar ve Libya'daki devlet çöküşü gibi bölgesel krizlerden kaçan mülteci ve sığınmacılar için Mısır, Avrupa Birliği'ne yönelen düzensiz göç rotasında kritik bir geçiş alanı işlevi görmektedir. Bu durum, Mısır'ın göç sistemindeki konumunun sabit ve tek boyutlu olmadığını; aksine hem kaynak hem de transit ülke rollerini eş zamanlı olarak üstlenen hibrit bir yapı sergilediğini göstermektedir. Dolayısıyla Arap Baharı sonrası süreç, Mısır ve Libya'nın göç coğrafyasındaki rollerini yeniden tanımlayarak, göçün doğrusal değil çok yönlü ve iç içe geçmiş bir dinamik olarak anlaşılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu iki ülkeden gelen düzensiz göçmen akınının AB ülkelerine gitme istekleri, coğrafi yakınlık ile ekonomik refah beklentisinin çatışmasını gözler önüne sermektedir. İtalya (özellikle Lampedusa Adası) ve Malta, coğrafi zorunluluk gereği krizin ön cephesinde yer alan "Giriş Kapıları" olurken; AB'nin yürürlükteki Dublin Tüzüğü mevzuatı bu sınır ülkelerini adaletsiz yük paylaşım sistemi altında bırakmıştır. Buna karşın göçmenlerin zihnindeki asıl "çekici faktörler" (ekonomik güç, sosyal refah devleti güvenceleri, dil avantajı ve kurumsallaşmış diaspora ağları), göçmenlerin İtalya ve Malta'da kalmaktan öte kıtanın içlerindeki göçmenleri asıl hedeflere, yani Almanya ve Fransa'ya doğru çekmektedir. Burada Ağ Teorisi'nin imkan sağladığı sosyal sermaye, araya giren engelleri hafifleten en güçlü araçlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

AB'nin bu kitlesel krize verdiği yanıt, göçün yapısal nedenlerini (kaynak ülkelerdeki istikrarsızlık ve ekonomik çöküşleri) ortadan kaldırmak yerine, göçü bir beka sorunu olarak kodlayan "Güvenlikleştirme" söylemlerine sığınmak olmuştur. Sınır yönetim ajansı Frontex'in bütçesi ve paramiliter yetkileri göç miktarı ile paralel şekilde olağanüstü düzeyde artırılmıştır. Daha da önemlisi "Göçün Dışsallaştırılması" stratejisi kapsamında sınır kontrolleri Libya Sahil Güvenliği ve Mısır askeri rejimine devredilmiştir. AB'nin finansal yardımlar karşılığında göçü Avrupa topraklarına ulaşmadan sınır ötesinde durdurma politikası, Libya'daki geri gönderme merkezlerinde yaşanan ağır insan hakları ihlalleriyle birleştiğinde Birlik için derin bir hukuki çıkmazı göstermektedir.

Bu çalışma, Arap Baharı sürecinde Mısır ve Libya'nın kaynak ve transit göç ülkelerine dönüşümünü Lee'nin İtme-Çekme Teorisi, Dünya Sistemleri ve Ağ Teorisi ile Güvenlikleştirme Paradigması çerçevesinde analiz etmiştir. Üç teorik mercekten elde edilen bulgular bir arada değerlendirildiğinde ortaya çıkan tablo, göçün ne rastlantısal ne de durdurulabilir bir olgu olmadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, gerek kaynak ülkelerdeki yapısal itici güçler gerekse hedef ülkelerin sunduğu köklü çekici unsurlar varlığını sürdürdüğü müddetçe, Akdeniz'deki kitlesel hareketliliği sadece askeri ve dışsallaştırma odaklı tedbirlerle durdurmanın mümkün olmadığı su götürmez bir gerçekliktir. Sürdürülebilir bir göç yönetimi; Dublin Tüzüğü'nün revize edilerek adil bir "yük paylaşımı" mekanizmasının kurulmasını, hedef ülkelerdeki yabancı düşmanlığına karşı "sosyal içerilme" ve uyum politikalarının güçlendirilmesini ve en önemlisi Akdeniz'in güney kıyısındaki sosyo-ekonomik ve politik istikrarsızlıklara yönelik hak temelli çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Mevcut uluslararası hukuk çerçevesi göçü insan onuruna zarar vermeden yönetmek için yeterli değildir. Geri göndermeme ilkesi kâğıt üzerinde koruma sağlarken dışsallaştırma stratejileri bu ilkeyi fiilen işlevsiz kılmaktadır. Göç vardı, var olmaya devam edecek. Asıl soru onu durdurup durduramayacağımız değil, onu insan haklarına saygılı, adil ve gerçekçi bir yönetim anlayışıyla nasıl yöneteceğimizdir.

KAYNAKLAR

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2013). 604/2013/EU Sayılı Tüzük: Üçüncü bir ülke vatandaşı veya vatansız kişi tarafından yapılan uluslararası koruma başvurusunun incelenmesinden sorumlu üye devletin belirlenmesine ilişkin kriterler ve mekanizmaların oluşturulması hakkında. Avrupa Birliği Resmî Gazetesi, L 180, 31–59. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/TR/TXT/?uri=celex:32013R0604>,

- Birleşmiş Milletler. (1951). *Mültecilerin statüsüne ilişkin sözleşme*. BM Antlaşmalar Serisi, Cilt 189, s. 137. <https://www.unhcr.org/media/convention-and-protocol-relating-status-refugees>,
- Birleşmiş Milletler. (1967). *Mültecilerin statüsüne ilişkin protokol*. BM Antlaşmalar Serisi, Cilt 606, s. 267. <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/protocol-relating-status-refugees>,
- Buzan, B., Wæver, O., & de Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Boulder: Lynne Rienner Publishers.
- Castles, S., & Miller, M. J. (2009). *The age of migration: International population movements in the modern world* (4. baskı). London: Palgrave Macmillan.
- De Haas, H. (2021). A theory of migration: The aspirations-capabilities framework. *Comparative Migration Studies*, 9(8), 1–35.
- ECHO Daily Map, (2016). Refugee Crisis–Central Mediterranean Route, <https://reliefweb.int/map/world/refugee-crisis-central-mediterranean-route-echo-daily-map-04112016> (30.06.2026).
- Erdurmaz, A. S. (2013). Tunus, Mısır ve Libya'daki iç ve dış dinamiklerin Arap Baharı'nın gerçekleşmesinde etkileri. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 39-63.
- Eurostat. (2024). *Asylum and managed migration statistics: Annual report 2024*. Luxembourg: European Statistical Office.
- Frontex. (2024). *Risk analysis for 2024: Central Mediterranean route assessment*. Warsaw: Frontex Risk Analysis Unit.
- Gause, F. G. (2011). Why Middle East studies missed the Arab Spring: The myth of authoritarian stability. *Foreign Affairs*, 90(4), 81-90.
- Hatton, T. J. (2009). The rise and fall of asylum: What happened and why. *The Economic Journal*, 119(535), 183-213.
- Howard, P. N., & Hussain, M. M. (2013). *Democracy's fourth wave? Digital media and the Arab Spring*. Oxford: Oxford University Press.
- Kandil, H. (2012). *Soldiers, spies, and statesmen: Egypt's road to revolt*. London: Verso Books.
- Koçak, O., & Gündüz, R. D. (2016). Avrupa Birliği göç politikaları ve göçmenlerin sosyal olarak içerilmelerine etkisi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(12), 66-91. doi:10.17828/yalovasosbil.288377
- Lacher, W. (2011). Families, tribes and clans in the Libyan revolution. *Middle East Policy*, 18(4), 140-154.
- Lee, E. S. (1966). A theory of migration. *Demography*, 3(1), 47-57.
- Massey, D. S., Arango, J., Hugo, G., Kouaouci, A., Pellegrino, A., & Taylor, J. E. (1993). Theories of international migration: A review and appraisal. *Population and Development Review*, 19(3), 431-466.
- UNHCR. (2024). *Global trends: Forced displacement in 2023 and Mediterranean operations*. Geneva: United Nations High Commissioner for Refugees.
- Wallerstein, I. (1974). *The modern world-system I: Capitalist agriculture and the origins of the European world-economy in the sixteenth century*. Academic Press.

ALGILANAN AŞIRI NİTELİKLİLİK BAŞLIKLİ TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Doç. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM1/ Doç. Dr. Ethem MERDAN2

1Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Bolu, Türkiye, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

2Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Kırşehir, Türkiye, ethem.merdan@ahievran.edu.tr, 0000-0003-2528-2326

Özet

Bireyin işin gerektirdiklerinden daha fazla bilgi, beceri, tecrübe ve eğitime sahip olduğunu algılaması durumu olarak ifade edilen algılanan aşırı niteliklilik, bireyin örgüt açısından olumsuz davranışlar geliştirmesine sebep olabilecek bir durumdur. Bu yüzden algılanan aşırı niteliklilik, örgütün başarılı olmasında ve amaçlarına ulaşmasında sorun yaratabilir. Diğer taraftan, her ne kadar çalışmalarda olumsuz taraflara değinilmiş olsa da algılanan aşırı niteliklilik, yenilikçiliğin ve yaratıcılığın artmasını sağlayabilir. Dolayısıyla algılanan aşırı niteliklilik, yöneticiler ve örgütler için önemli ve dikkate alınması gereken bir kavramdır. Araştırma kapsamında, algılanan aşırı niteliklilik konusundan türetilmiş lisansüstü tezler yöntem ve içerik yönlerinden ele alınmıştır. Söz konusu araştırmalara Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi internet veritabanı kullanılarak ulaşılmıştır. İlgili konu hakkındaki araştırmalar; anahtar kelimeler, araştırma desenleri; yabancı kaynak oranı, kaynak sayısı, araştırma yöntemi ve metin içerisinde yer alan “algılanan aşırı niteliklilik” kelime sayıları dikkat edilerek içerik analiz yöntemi kapsamında incelenmiştir. Araştırma bulgularından algılanan aşırı niteliklilik kavramlarıyla ilgili yapılan araştırmaların oldukça kısıtlı (17 araştırma) olduğu görülmüştür. İlgili konuların araştırmalar açısından daha çok rağbet göreceği düşünülerek araştırma kapsamında algılanan aşırı niteliklilik ile ilişkilendirilebilecek konular hakkında sonuç bölümünde öneriler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Niteliklilik, Algılanan Aşırı Niteliklilik, İçerik Analizi,

EXAMINATION OF THESIS TITLED PERCEPTION OVERQUALIFICATION USING CONTENT ANALYSIS METHOD

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM¹/ Assoc. Prof. Dr. Ethem MERDAN²
1Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Communication, Bolu, Türkiye,
ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415
2Kırşehir Ahi Evran University, School of Health Services, Kırşehir, Türkiye,
ethem.merdan@ahievran.edu.tr, 0000-0003-2528-2326

Abstract

Perceived overqualification, defined as an individual's perception of possessing more knowledge, skills, experience, and education than required for a job, can lead to negative behaviors for the organization. Therefore, perceived overqualification can create problems for an organization's success and achievement of its goals. On the other hand, although studies have highlighted its negative aspects, perceived overqualification can also foster innovation and creativity. Consequently, perceived overqualification is an important concept for managers and organizations that needs to be considered. This research examines postgraduate theses derived from the topic of perceived overqualification in terms of methodology and content. These studies were accessed using the Higher Education Council Thesis Center online database. The research on this topic was analyzed using content analysis, paying attention to keywords, research designs, the percentage of foreign sources, the number of sources, the research methodology, and the number of times the phrase "perceived overqualification" appears in the text. The research findings show that studies on perceived overqualification are quite limited (17 studies). Considering that these topics are expected to attract more research interest, suggestions regarding issues that may be associated with the perceived high quality of the research are presented in the conclusion section.

Keywords: Qualification, Perceived Overqualification, Content Analysis.

GİRİŞ

Küreselleşme, yükseköğretime erişimin artması, işgücü piyasalarındaki dönüşümler ve eğitim düzeyinin yükselmesi, çalışanların sahip oldukları nitelikler ile yürüttükleri işlerin gerektirdiği nitelikler arasındaki uyumsuzlukları daha görünür hâle getirmiştir. Özellikle son yıllarda bireylerin eğitim, bilgi, deneyim ve beceri düzeylerinin mevcut işlerinin gerekliliklerinin üzerinde olması, örgütsel davranış literatüründe önemli bir araştırma alanı olarak değerlendirilen algılanan aşırı niteliklilik kavramını ön plana çıkarmıştır. Algılanan aşırı niteliklilik, bireyin sahip olduğu bilgi, beceri, deneyim ve eğitim düzeyinin yaptığı işin gerektirdiği düzeyden daha yüksek olduğunu düşünmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu durum yalnızca bireysel bir algıyı değil, aynı zamanda çalışan ile iş arasındaki uyumsuzluğu ifade eden önemli bir örgütsel sorunu da ortaya koymaktadır.

Alan yazında algılanan aşırı niteliklilik kavramının iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti, örgütsel sinizm, işe yabancılaşma, tükenmişlik ve iş performansı gibi birçok örgütsel değişkenle ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte bazı araştırmalar, aşırı nitelikli çalışanların sahip oldukları bilgi ve beceriler sayesinde yenilikçi davranışlar sergileyebildiklerini ve örgütlere önemli katkılar sağlayabildiklerini göstermektedir. Dolayısıyla algılanan aşırı niteliklilik yalnızca olumsuz sonuçlar doğuran bir olgu olarak değil, uygun örgütsel koşullar altında örgütler açısından stratejik bir avantaj oluşturabilecek bir insan kaynağı potansiyeli olarak da değerlendirilmektedir.

Uluslararası literatürde algılanan aşırı niteliklilik konusunda önemli sayıda araştırma bulunmasına rağmen, Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmaların nispeten sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle lisansüstü tezler incelendiğinde, araştırmaların son yıllarda artış göstermesine rağmen belirli sektörler, belirli değişkenler ve belirli örneklem grupları üzerinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Bunun yanında çalışmaların büyük çoğunluğunun nicel araştırma yaklaşımını benimsemesi ve benzer analiz yöntemlerini kullanması, alanın genel eğilimlerinin sistematik olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bilimsel bir alanın gelişiminin değerlendirilmesinde içerik analizi çalışmaları önemli bir işleve sahiptir. İçerik analizi sayesinde belirli bir alandaki araştırma eğilimleri, kullanılan yöntemler, örneklem özellikleri, incelenen değişkenler ve kuramsal yönelimler bütüncül bir biçimde değerlendirilebilmektedir. Bu tür çalışmalar, mevcut literatürdeki boşlukların belirlenmesine ve gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalara yön verilmesine katkı sağlamaktadır.

Bu araştırmanın amacı, Türkiye’de algılanan aşırı niteliklilik konusunda hazırlanan lisansüstü tezleri içerik analizi yöntemiyle inceleyerek alan yazındaki genel eğilimleri ortaya koymaktır. Bu kapsamda Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında erişime açık olan tezler; yayın yılı, tez türü, üniversite, anabilim dalı, kullanılan yöntemler, analiz teknikleri, uygulama alanları ve araştırma değişkenleri açısından değerlendirilmiştir. Böylece algılanan aşırı niteliklilik alanındaki akademik birikimin mevcut durumu ortaya konularak gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalar için öneriler sunulması amaçlanmaktadır.

1. ALGILANAN AŞIRI NİTELİKLİLİK

Algılanan aşırı niteliklilik, bireyin eğitim, bilgi, yetenek, tecrübe açısından iş gereklerinden daha fazlasına sahip olduğunu algılaması durumudur (Khan ve Morrow, 1991: 212; Fine ve Nevo, 2008: 346; Benedict vd., 2009: 283; Erdoğan vd., 2011: 217; Maynard ve Parfyonova, 2013: 436). Bireylerde algılanan aşırı niteliklilik algısı, işlerine karşı oluşturdıkları tutum ve davranışlar, tamamen kendileriyle aynı seviyede olduklarını düşündükleri diğer bireylerle karşılaştırma yaptıklarında ortaya çıkmaktadır (Fine ve Nevo, 2008: 347).

Algılanan aşırı niteliklilik, objektif ve sübjektif şeklinde iki boyuttan oluşmaktadır (Luksyte vd., 2011: 280). Objektif algılanan aşırı niteliklilik, işin gerekleri doğrultusunda elde edilen özelliklerdir (Khan ve Morrow, 1991; Brynin ve Longhi, 2009) ve bireyin bir iş için gereken eğitim düzeyinin işin gereklerinin üzerinde olması durumudur (Erdoğan ve Bauer, 2020). Sübjektif algılanan aşırı niteliklilik ise bireyin kendisine yönelik ve

bireyden bireye değişen algıyı ifade etmektedir (Maynard vd., 2006; Erdoğan ve Bauer, 2009). Başka bir ifadeyle bireyin kendisini sahip olduğu iş için fazla nitelikli hissetmesi ya da bu yönde düşünceye sahip olmasıdır (Maltarich vd., 2011: 236; Maynard vd., 2015: 211).

Algılanan aşırı nitelikliliğin nedenleri, eğitim, yaş, cinsiyet, kişilik, iş tecrübesi, sahip olunan pozisyon, iş piyasasının büyüklüğü ve istihdam geçişi şeklinde sıralanabilir (Varma ve Sandhya, 2019:108). Algılanan aşırı niteliklilik genel olarak olumsuz değerlendirilmekle birlikte, bireylerin yaratıcı ve yenilikçi olmalarında, değer yaratmalarında, rekabet üstünlüğü sağlamaya yönelik davranışlar sergilemelerinde olumlu katkılar sağlamaktadır (Ayaz Arda ve Yıldız, 2018: 144). Diğer taraftan algılanan aşırı niteliklilik sonucunda birey, bilgi, tecrübe, beceri ve sahip olduğu diğer niteliklerini düşündüğünde çok beklentiye girmekte, beklenti karşılanmadığında işine, yöneticiye ve örgüte karşı olumsuz tutum ve davranışlar sergilemektedir. Ve böylece bireyin iş tatminsizliği artmakta ve örgütsel bağlılığı azalmakta, işten ayrılma niyetinde olmakta ve stres, kaygı, depresyon, konsantrasyon bozukluğu ve sağlıklı düşünememe gibi olumsuzluklar yaşamaktadır (Özkanan, 2018: 665).

2. YÖNTEM

Bu araştırmada, Türkiye’de algılanan *aşırı niteliklilik* konusunda hazırlanan lisansüstü tezlerin çeşitli özellikler açısından incelenmesi amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman incelemesi ve içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin sistematik biçimde analiz edilmesini sağlayan bir araştırma tekniğidir. İçerik analizi ise belirli metinlerin, belgelerin veya yazılı materyallerin belirli kategoriler altında sınıflandırılarak nesnel ve sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Tutar ve Erdem, 2022).

Araştırmada kullanılan içerik analizi yöntemi sayesinde algılanan aşırı niteliklilik alanında gerçekleştirilen lisansüstü tezlerin yöntemsel özellikleri, araştırma eğilimleri ve konu alanları bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

2.1.Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan algılanan aşırı niteliklilik konulu lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi ise 2018–2026 yılları arasında yayımlanan ve tam metin erişimine açık olan toplam 17 lisansüstü tez oluşturmaktadır.

Araştırma kapsamında tezlerin belirlenmesinde “algılanan aşırı niteliklilik”, “aşırı niteliklilik” ve “overqualification” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Elde edilen çalışmalar ön incelemeye tabi tutulmuş, araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olmayan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır. Sonuç olarak 11 yüksek lisans ve 6 doktora tezinden oluşan toplam 17 tez analiz kapsamına alınmıştır.

2.2.Veri Toplama Süreci

Araştırma verileri, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edilmiştir. Tezlerin tam metinleri sistematik biçimde incelenmiş ve her bir tez için önceden belirlenen kodlama formu kullanılmıştır. Kodlama sürecinde tezlerin; yayın yılı, üniversite bilgisi, tez türü, anabilim dalı, sayfa sayısı, anahtar kelimeleri, uygulama alanları, örneklem özellikleri, kullanılan analiz yöntemleri, araştırma değişkenleri, uygulama sektörleri gibi özellikleri değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırma kapsamında, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında kayıtlı bulunan algılanan aşırı niteliklilik konulu lisansüstü tezler sistematik olarak incelenmiş ve analiz edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Aşırı Niteliklilik Konulu Tezler

Çalışmanın Adı	Yazar	Tez Türü	Düzy	Üniversite	Anabilim Dalı	Yıl
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Sonuçlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma	Ömer Gizlier	Tez	Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi	İşletme	2018
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde Algılanan Lider Desteğinin Aracılık Rolü	Sakine Şen	Tez	Yüksek Lisans	Kastamonu Üniversitesi	İşletme	2019
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yenilikçi İş Davranışı Üzerindeki Etkisinde Dönüşümcü Liderliğin ve İşten Ayrılma Niyetinin Rolü	Rumeysa Kaymakcı	Tez	Doktora	İstanbul Ticaret Üniversitesi	İşletme	2020
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Sinizme Etkisinde Kişilik Özelliklerinin Düzenleyici Rolünü Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma	Sena Demir	Tez	Yüksek Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi	İşletme	2021
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Dışsal Prestij Algısının Düzenleyici Rolü	Burcu Toker	Tez	Yüksek Lisans	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	İşletme	2021
Çalışmaya Tutkunluk ve Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Vatandaşlık Davranışı Üzerindeki Etkileri	Ebru Fırat	Tez	Yüksek Lisans	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	İşletme	2022
Algılanan Aşırı Niteliklilik İş Performansı İlişkisinde Psikolojik Sahiplenmenin Aracılık Rolü	Zekeriya Olgunçelik	Tez	Doktora	Gazi Üniversitesi	İşletme	2022
Karanlık Üçlünün Örgütsel Sinizme Etkisinde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Aracı Rolü: Akademisyenler Üzerine Bir Araştırma	Mehmet Ali Canbolat	Tez	Doktora	Selçuk Üniversitesi	İşletme	2022
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde İşe Adanmışlık ve Algılanan Örgütsel Desteğin Rolü	Eda Çalışkan	Tez	Yüksek Lisans	Marmara Üniversitesi	İnsan Kaynakları Yönetimi	2023
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Sanal Kaytarma Üzerindeki Etkisine Tükenmişliğin Aracı Rolü	Sevda Mammadzada	Tez	Yüksek Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi	İşletme	2023
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisinde Örgütsel Desteğin Aracı Rolü	Beyza Nur Bulburu	Tez	Yüksek Lisans	Selçuk Üniversitesi	İşletme	2023
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının İşe Angaje Olma Üzerindeki Etkisinde Örgüt Temelli Benlik Saygısının Aracı Rolü	Efekan Özel	Taha Tez	Yüksek Lisans	Selçuk Üniversitesi	İşletme	2024

Çalışmanın Adı	Yazar	Tez Türü	Düzye	Üniversite	Anabilim Dalı	Yıl
Hemşirelerde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İş Becerikliliği ve Kariyer Başarısı ile İlişkisi	Beritan Yaşa	Tez	Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Hemşirelikte Yönetim	2024
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Kişi-İş Uyumu, Dağıtım Adaleti ve Başarı İhtiyacının Rolü	Beste Zakoğlu	Tez	Doktora	İstanbul Üniversitesi	İşletme	2024
Turizm Sektörü Çalışanlarının Öz Yeterlilik Algısının İşten Ayrılma Niyetine Etkisinde Aşırı Nitelikliliğin Rolü	Songül Yıldız	Tez	Yüksek Lisans	Trakya Üniversitesi	İşletme	2025
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Kariyer Tatmini, İş Becerikliliği ve İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisi: Lider Üye Etkileşiminin Rolü	Ayşe Kır	Tez	Doktora	Süleyman Demirel Üniversitesi	İşletme	2025
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yaşam Tatminine Etkisinde Özerkliğinin Rolü: Turizm Sektörü Çalışanları Üzerine Bir Kızılıtuğ Araştırma	Tufan Kızıltuğ	Tez	Doktora	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	İşletme	2026

Tablo 1’de görüldüğü üzere, araştırma kapsamında incelenen lisansüstü tezlerin tamamı algılanan aşırı niteliklilik konusu çerçevesinde hazırlanmıştır. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında erişime açık olarak bulunan bu çalışmalar, farklı üniversitelerde ve farklı dönemlerde üretilmiş olmalarına rağmen ortak bir kavramsal çerçeveye sahiptir. İncelenen lisansüstü çalışmaların türleri değerlendirildiğinde, altı çalışmanın doktora tezi, on bir çalışmanın ise yüksek lisans tezi olduğu görülmektedir. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik konusunun özellikle yüksek lisans düzeyinde daha fazla araştırma konusu olarak tercih edildiğini göstermektedir.

Üniversiteler açısından değerlendirildiğinde, çalışmaların İstanbul Üniversitesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Trakya Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Kastamonu Üniversitesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa gibi farklı yükseköğretim kurumlarında gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik konusuna yönelik akademik ilginin farklı üniversitelere yayıldığını göstermektedir. Araştırma kapsamında incelenen tezlerin büyük çoğunluğunun işletme ve yönetim alanlarında üretildiği görülmektedir. Bununla birlikte insan kaynakları yönetimi ve hemşirelikte yönetim gibi farklı disiplinlerde de konuya ilişkin çalışmaların gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik kavramının disiplinler arası bir araştırma alanı hâline gelmeye başladığını göstermektedir.

Tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, çalışmaların 2018 yılında başladığı ve özellikle 2022 yılı sonrasında belirgin bir artış gösterdiği görülmektedir. Son yıllarda üretilen tez sayısındaki artış, algılanan aşırı niteliklilik konusuna yönelik akademik ilginin giderek yükseldiğine işaret etmektedir. Son olarak, araştırma kapsamında incelenen tezlerin tamamının Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında tam metin erişime açık olduğu belirlenmiştir. Bu durum, alan yazının gelişimine katkı sağlamakta ve gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalar için önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Tezlerin yöntemsel özellikleri, örneklem yapıları, analiz teknikleri ve araştırma değişkenlerine ilişkin ayrıntılı bulgular ise sonraki tablolarda sunulmaktadır.

Tablo 2. İncelenen Tezlerin Sayfa Sayısı, Kelime Sayısı ve Algılanan Aşırı Niteliklilik Kavramının Kullanım Sıklığı

Çalışmanın Adı	Sayfa Sayısı	Kelime Sayısı	“Algılanan Aşırı Niteliklilik” İfade Sayısı
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Sonuçlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma	166	39.461	14
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde Algılanan Lider Desteğinin Aracılık Rolü	111	26.203	55
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yenilikçi İş Davranışı Üzerindeki Etkisinde Dönüşümcü Liderliğin ve İşten Ayrılma Niyetinin Rolü	178	44.719	164
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Sinizme Etkisinde Kişilik Özelliklerinin Düzenleyici Rolü	155	38.255	77
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Dışsal Prestij Algısının Düzenleyici Rolü	151	37.037	108
Çalışmaya Tutkunluk ve Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Vatandaşlık Davranışı Üzerindeki Etkileri	123	29.362	11
Algılanan Aşırı Niteliklilik İş Performansı İlişkisinde Psikolojik Sahiplenmenin Aracılık Rolü	185	36.077	141
Karanlık Üçlünün Örgütsel Sinizme Etkisinde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Aracı Rolü	165	45.847	53
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde İşe Adanmışlık ve Algılanan Örgütsel Desteğin Rolü	150	40.367	121
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Sanal Kaytarma Üzerindeki Etkisine Tükenmişliğin Aracı Rolü	93	21.975	31
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisinde Örgütsel Desteğin Aracı Rolü	105	23.043	96
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının İşe Angaje Olma Üzerindeki Etkisinde Örgüt Temelli Benlik Saygısının Aracı Rolü	139	38.267	88
Hemşirelerde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İş Becerikliliği ve Kariyer Başarısı ile İlişkisi	111	29.125	110
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Kişi-İş Uyumu, Dağıtım Adaleti ve Başarı İhtiyacının Rolü	202	49.451	111
Turizm Sektörü Çalışanlarının Öz Yeterlilik Algısının İşten Ayrılma Niyetine Etkisinde Aşırı Nitelikliliğin Rolü	180	45.385	122
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Kariyer Tatmini, İş Becerikliliği ve İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisi	199	48.628	79
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yaşam Tatminine Etkisinde Özerkliğin Rolü	147	41.674	56

Tablo 2 incelendiğinde, araştırma kapsamında değerlendirilen tezlerin sayfa sayılarının 93 ile 202 sayfa arasında değiştiği görülmektedir. En kapsamlı çalışmanın 202 sayfa ile doktora tezi düzeyindeki bir araştırma olduğu, en kısa çalışmanın ise 93 sayfa olduğu belirlenmiştir. Kelime sayıları bakımından değerlendirildiğinde tezlerin yaklaşık 22 bin ile 50 bin kelime arasında değiştiği görülmektedir.

Araştırma konusu olan “algılanan aşırı niteliklilik” ifadesinin kullanım sıklığı incelendiğinde ise kavramın bazı tezlerde oldukça yoğun biçimde ele alındığı görülmektedir. Özellikle doktora düzeyindeki çalışmalarda kavramın kullanım sıklığının daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Buna karşılık bazı çalışmalarda kavramın daha sınırlı düzeyde kullanıldığı ve farklı değişkenlerle birlikte ele alındığı anlaşılmaktadır. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik araştırmalarının konuya yaklaşım biçimleri açısından farklılaştığını göstermektedir.

Tablo 3. İncelenen Tezlerde Kullanılan Anahtar Kelimeler ve Uygulama Alanları

Çalışmanın Adı	Anahtar Kelimeler	Uygulama Alanı
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Sonuçlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma	Algılanan aşırı niteliklilik, çalışan davranışları	Çalışanlar
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde Algılanan Lider Desteğinin Aracılık Rolü	Aşırı niteliklilik, yenilikçi davranış, lider desteği	Çalışanlar
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yenilikçi İş Davranışı Üzerindeki Etkisinde Dönüşümcü Liderliğin ve İşten Ayrılma Niyetinin Rolü	Aşırı niteliklilik, yenilikçi iş davranışı, dönüşümcü liderlik, işten ayrılma niyeti	Çalışanlar
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Sinizme Etkisinde Kişilik Özelliklerinin Düzenleyici Rolü	Aşırı niteliklilik, örgütsel sinizm, kişilik özellikleri	Üretim sektörü çalışanları
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Dışsal Prestij Algısının Düzenleyici Rolü	Aşırı niteliklilik, iş performansı, dışsal prestij	Öğretmenler ve okul yöneticileri
Çalışmaya Tutkunluk ve Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Örgütsel Vatandaşlık Davranışı Üzerindeki Etkileri	Çalışmaya tutkunluk, aşırı niteliklilik, örgütsel vatandaşlık	Çalışanlar
Algılanan Aşırı Niteliklilik İş Performansı İlişkisinde Psikolojik Sahiplenmenin Aracılık Rolü	Aşırı niteliklilik, psikolojik sahiplenme, iş performansı	Kamu çalışanları
Karanlık Üçlünün Örgütsel Sinizme Etkisinde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Aracı Rolü	Karanlık üçlü, aşırı niteliklilik, örgütsel sinizm	Akademisyenler
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının Yenilikçi Davranışları Üzerindeki Etkisinde İşe Adanmışlık ve Algılanan Örgütsel Desteğin Rolü	Aşırı niteliklilik, yenilikçi davranış, işe adanmışlık, örgütsel destek	Çalışanlar
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Sanal Kaytarma Üzerindeki Etkisine Tükenmişliğin Aracı Rolü	Aşırı niteliklilik, sanal kaytarma, tükenmişlik	Beyaz yakalı çalışanlar
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisinde Örgütsel Desteğin Aracı Rolü	Aşırı niteliklilik, işe yabancılaşma, örgütsel destek	Sağlık çalışanları
Çalışanların Aşırı Niteliklilik Algılarının İşe Angaje Olma Üzerindeki Etkisinde Örgüt Temelli Benlik Saygısının Aracı Rolü	Aşırı niteliklilik, işe angaje olma, benlik saygısı	Çalışanlar
Hemşirelerde Algılanan Aşırı Nitelikliliğin İş Becerikliliği ve Kariyer Başarısı ile İlişkisi	Aşırı niteliklilik, iş becerikliliği, kariyer başarısı	Hemşireler

Çalışmanın Adı	Anahtar Kelimeler	Uygulama Alanı
Algılanan Aşırı Niteliklilik ile İş Performansı Arasındaki İlişkide Kişi-İş Uyumu, Dağıtım Adaleti ve Başarı İhtiyacının Rolü	Aşırı niteliklilik, iş performansı, kişi-iş uyumu, dağıtım adaleti	Sigorta sektörü çalışanları
Turizm Sektörü Çalışanlarının Öz Yeterlilik Algısının İşten Ayrılma Niyetine Etkisinde Aşırı Nitelikliliğin Rolü	Öz yeterlilik, işten ayrılma niyeti, aşırı niteliklilik	Turizm çalışanları
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Kariyer Tatmini, İş Becerikliliği ve İşe Yabancılaşma Üzerindeki Etkisi	Aşırı niteliklilik, kariyer tatmini, iş becerikliliği, işe yabancılaşma	Akademisyenler
Algılanan Aşırı Nitelikliliğin Yaşam Tatminine Etkisinde Özerkliği Rolü	Aşırı niteliklilik, yaşam tatmini, özerklik	Turizm çalışanları

Tablo 3 incelendiğinde, araştırmalarda en sık kullanılan anahtar kelimelerin “algılanan aşırı niteliklilik”, “iş performansı”, “yenilikçi davranış”, “örgütsel destek”, “işe yabancılaşma” ve “örgütsel sinizm” olduğu görülmektedir. Uygulama alanları açısından değerlendirildiğinde çalışmaların çoğunlukla farklı sektörlerde görev yapan çalışanlar üzerinde gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte sağlık çalışanları, akademisyenler, öğretmenler, hemşireler, kamu çalışanları ve turizm sektörü çalışanları gibi spesifik örneklem gruplarının da araştırmalara konu edildiği görülmektedir. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik kavramının farklı meslek gruplarında ve örgütsel bağlamlarda incelendiğini göstermektedir.

Tablo 4. İncelenen Tezlerde Kullanılan Analiz Yöntemleri

Çalışmanın Adı	Analiz Yöntemi
Gizlier (2018)	Regresyon Analizi
Şen (2019)	Korelasyon, Regresyon
Kaymakcı (2020)	SEM, CFA, Regresyon
Demir (2021)	Regresyon Analizi
Toker (2021)	Yapısal Eşitlik Modellemesi
Fırat (2022)	Regresyon, Korelasyon
Olgunçelik (2022)	DFA, Korelasyon, SEM
Canbolat (2022)	Faktör Analizi, Regresyon
Çalışkan (2023)	SEM, Aracılık Analizi
Mammadzada (2023)	PROCESS Macro
Bulburu (2023)	SPSS, AMOS, Aracılık Analizi
Özel (2024)	SEM, Aracılık Analizi
Yaşa (2024)	Korelasyon, Regresyon
Zakoğlu (2024)	SEM, Moderasyon, Aracılık
Yıldız (2025)	SEM
Kır (2025)	SPSS, AMOS, PROCESS
Kızıltuğ (2026)	SEM

Tablo 4 incelendiğinde, araştırmalarda en yaygın kullanılan analiz yönteminin yapısal eşitlik modellemesi olduğu görülmektedir. Özellikle son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda aracılık ve düzenleyicilik modellerinin yoğun biçimde kullanıldığı belirlenmiştir. Ayrıca doğrulayıcı faktör analizi, korelasyon ve regresyon analizleri araştırmaların büyük bölümünde yer almaktadır. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik alanındaki araştırmaların giderek daha karmaşık nedensel modeller üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Bu araştırmada, Türkiye’de algılanan aşırı niteliklilik konusunda hazırlanan lisansüstü tezler içerik analizi yöntemi kullanılarak incelenmiş ve alandaki araştırma eğilimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında erişime açık olan 17 lisansüstü tez araştırma kapsamına alınmış ve çeşitli değişkenler açısından değerlendirilmiştir.

Araştırma bulguları, algılanan aşırı niteliklilik konusuna yönelik akademik ilginin özellikle son yıllarda belirgin biçimde arttığını göstermektedir. İncelenen çalışmaların 2018 yılında başlamasına rağmen, 2022 yılından sonra tez sayısında önemli bir artış meydana gelmiştir. Bu durum, aşırı niteliklilik olgusunun örgütsel davranış ve insan kaynakları yönetimi alanlarında giderek daha fazla önem kazandığını ortaya koymaktadır.

Tez türleri açısından değerlendirildiğinde, çalışmaların büyük bölümünün yüksek lisans düzeyinde gerçekleştirildiği, doktora tezlerinin ise daha sınırlı sayıda olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte doktora tezlerinin daha kapsamlı modeller, daha büyük örneklem ve daha karmaşık analiz teknikleri kullandığı görülmektedir.

Araştırma kapsamında incelenen tezlerin büyük çoğunluğunun işletme anabilim dallarında gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bunun yanında insan kaynakları yönetimi, hemşirelikte yönetim ve benzeri disiplinlerde de çalışmaların bulunması, algılanan aşırı niteliklilik kavramının disiplinler arası bir araştırma alanına dönüşmeye başladığını göstermektedir.

Uygulama alanları incelendiğinde, araştırmaların farklı sektörlerde çalışan bireyler üzerinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Kamu çalışanları, akademisyenler, öğretmenler, sağlık çalışanları, hemşireler, sigorta sektörü çalışanları ve turizm sektörü çalışanları en sık incelenen örneklem gruplarını oluşturmaktadır. Bu durum, algılanan aşırı niteliklilik olgusunun farklı meslek gruplarında önemli bir araştırma konusu hâline geldiğini göstermektedir.

Araştırmalarda en sık ele alınan bağımlı değişkenlerin iş performansı, yenilikçi davranış, örgütsel sinizm, işe yabancılaşma, kariyer tatmini ve işten ayrılma niyeti olduğu belirlenmiştir. Ayrıca örgütsel destek, lider desteği, psikolojik sahiplenme, işe adanmışlık, özerklik ve benlik saygısı gibi değişkenlerin aracılık veya düzenleyicilik rolleri yoğun biçimde incelenmiştir. Bu bulgular, algılanan aşırı niteliklilik araştırmalarının ağırlıklı olarak örgütsel davranış sonuçlarına odaklandığını göstermektedir.

Yöntemsel açıdan değerlendirildiğinde, araştırmaların tamamının nicel araştırma yaklaşımını benimsediği ve anket tekniğini kullandığı görülmektedir. Yapısal eşitlik modellemesi, doğrulayıcı faktör analizi, regresyon analizi, korelasyon analizi ve PROCESS makrosu en sık kullanılan analiz yöntemleri olarak belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda aracılık ve düzenleyicilik modellerinin yaygınlaştığı görülmektedir. Bu durum, alan yazında daha karmaşık ve çok değişkenli modellerin tercih edildiğini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, algılanan aşırı niteliklilik araştırmalarının önemli ölçüde belirli değişkenler ve belirli örneklem grupları üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Buna karşın nitel araştırmaların, karma yöntem çalışmalarının ve boylamsal araştırmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ayrıca iletişim, medya, dijital çalışma yaşamı ve yeni çalışma biçimleri gibi alanlarda gerçekleştirilen araştırmaların son derece yetersiz olduğu dikkat çekmektedir.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle çalışma yalnızca Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında erişime açık olan lisansüstü tezlerle sınırlandırılmıştır. Ulusal ve uluslararası makaleler, bildiriler ve diğer akademik yayın türleri araştırma kapsamına dâhil edilmemiştir. Ayrıca inceleme yalnızca algılanan aşırı niteliklilik konusuyla doğrudan ilişkili tezlerle sınırlandırılmıştır.

Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı disiplinlerde gerçekleştirilen çalışmaların incelenmesi, uluslararası yayınların analize dâhil edilmesi, bibliyometrik analizlerin uygulanması ve nitel araştırma yöntemlerinin kullanılması alan yazına önemli katkılar sağlayacaktır. Bununla birlikte dijital çalışma yaşamı, uzaktan çalışma, yapay zekâ uygulamaları ve platform ekonomisi gibi güncel çalışma biçimleri kapsamında algılanan aşırı niteliklilik konusunun incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ayaz Arda, Ö., & Yıldız, B. (2018). Algılanan aşırı nitelikliliğin yenilikçi işyeri davranışları üzerindeki etkisinde kolektif şükranın rolü. *Journal of Management and Economics Research*, 16(2), 141-161.
- Benedict, J. V., Gayatri Devi, S., & Velayudhan, A. (2009). Perceived overqualification, job satisfaction, somatization and job stress of mnc executives. *Journal of The Indian Academy of Applied Psychology*, 35(2), 283-289.
- Brynin, M., Longhi, S. (2009). Overqualification: Major or minor mismatch?. *Economics of Education Review*, 28(1), 114-121.
- Bulburu, B. N. (2023). *Algılanan aşırı nitelikliliğin işe yabancılaşıma üzerindeki etkisinde örgütsel desteğin aracı rolü* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Canbolat, M. A. (2022). *Karanlık üçlünün örgütsel sinizme etkisinde algılanan aşırı nitelikliliğin aracı rolü: Akademisyenler üzerine bir araştırma* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Çalışkan, E. (2023). *Çalışanların aşırı niteliklilik algılarının yenilikçi davranışları üzerindeki etkisinde işe adanmışlık ve algılanan örgütsel desteğin rolü* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, S. (2021). *Algılanan aşırı nitelikliliğin örgütsel sinizme etkisinde kişilik özelliklerinin düzenleyici rolünü belirlemeye yönelik bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Erdoğan, B., & Bauer, T. N. (2009). Perceived overqualification and its outcomes: The moderating role of empowerment. *Journal of Applied Psychology*, 94(2), 557-565.
- Erdoğan, B., & Bauer, T. N. (2020). Overqualification at work: A review and synthesis of the literature. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 8, 259-283.
- Erdoğan, B., Bauer, T. N., Peiró, J. M., & Truxillo, D. M. (2011). Overqualified employees: Making the best of a potentially bad situation for individuals and organizations. *Industrial and Organizational Psychology*, 4(2), 215-232.
- Fırat, E. (2022). *Çalışmaya tutkunluk ve algılanan aşırı nitelikliliğin örgütsel vatandaşlık davranışı üzerindeki etkileri* (Yüksek lisans tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Fine, S., & Nevo, B. (2008). Too smart for their own good? A study of perceived cognitive overqualification in the workforce. *The International Journal of Human Resource Management*, 19(2), 346-355.
- Gizlier, Ö. (2018). *Çalışanların aşırı niteliklilik algılarının sonuçlarını belirlemeye yönelik bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kaymakçı, R. (2020). *Algılanan aşırı nitelikliliğin yenilikçi iş davranışı üzerindeki etkisinde dönüşümcü liderliğin ve işten ayrılma niyetinin rolü* (Doktora tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Khan, L. J., & Morrow, P. C. (1991). Objective and subjective underemployment relationships to job satisfaction. *Journal of Business Research*, 22(3), 211–218.
- Kır, A. (2025). *Algılanan aşırı nitelikliliğin kariyer tatmini, iş becerikliliği ve işe yabancılaşma üzerindeki etkisi: Lider-üye etkileşiminin rolü* (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Kızıltuğ, T. (2026). *Algılanan aşırı nitelikliliğin yaşam tatminine etkisinde özerkliğin rolü: Turizm sektörü çalışanları üzerine bir araştırma* (Doktora tezi). Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla.
- Luksyte, A., Spitzmueller, C., & Maynard, D. C. (2011). Why do overqualified incumbents deviate? Examining multiple mediators. *Journal of Occupational Health Psychology*, 16(3), 279-296.
- Maltarich, M. A., Reilly, G., & Nyberg, A. J. (2011). Objective and subjective overqualification: Distinctions, relationships, and a place for each in the literature. *Industrial and Organizational Psychology*, 4(2), 236-239.
- Mammadzada, S. (2023). *Algılanan aşırı nitelikliliğin sanal kayıtarma üzerindeki etkisine tükenmişliğin aracı rolü* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Maynard, D. C., & Parfyonova, N. M. (2013). Perceived overqualification and withdrawal behaviours: Examining the roles of job attitudes and work values. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 86(3), 435–455.
- Maynard, D. C., Brondolo, E. M., Connelly, C. E. & Sauer, C. E. (2015). I'm too good for this job: Narcissism's role in the experience of overqualification. *Applied Psychology: An International Review*, 64(1), 208-232.
- Maynard, D. C., Joseph, T. A., & Maynard, A. M. (2006). Underemployment, job attitudes, and turnover intentions. *Journal of Organizational Behavior*, 27(4), 509-536.
- Olgunçelik, Z. (2022). *Algılanan aşırı niteliklilik iş performansı ilişkisinde psikolojik sahiplenmenin aracılık rolü* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özel, E. T. (2024). *Çalışanların aşırı niteliklilik algılarının işe angaje olma üzerindeki etkisinde örgüt temelli benlik saygısının aracı rolü* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Özkanan, A. (2018). Algılanan aşırı nitelikliliğe iki yönlü bakış: Çalışan-amir değerlendirmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(4), 664-672.
- Şen, S. (2019). *Çalışanların aşırı niteliklilik algılarının yenilikçi davranışları üzerindeki etkisinde algılanan lider desteğinin aracılık rolü* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.
- Toker, B. (2021). *Algılanan aşırı niteliklilik ile iş performansı arasındaki ilişkide dışsal prestij algısının düzenleyici rolü* (Yüksek lisans tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Tutar, H., & Erdem, A. T. (2022). Örnekleriyle bilimsel araştırma yöntemleri ve SPSS uygulamaları. *Seçkin Yayıncılık*, 2. Baskı.
- Varma, P. N., & Sandhya, K. (2019). Perceived overqualification at workplace. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 4(3), 107-110.
- Yaşa, B. (2024). *Hemşirelerde algılanan aşırı nitelikliliğin iş becerikliliği ve kariyer başarısı ile ilişkisi* (Yüksek

lisans tezi). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Yıldız, S. (2025). *Turizm sektörü çalışanlarının öz yeterlilik algısının işten ayrılma niyetine etkisinde aşırı nitelikliliğin rolü* (Yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Zakoğlu, B. (2024). *Algılanan aşırı niteliklilik ile iş performansı arasındaki ilişkide kişi-iş uyumu, dağıtım adaleti ve başarı ihtiyacının rolü* (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ÜNİVERSİTE ÇALIŞANLARININ AŞIRI NİTELİKLİLİK ALGILARININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA: KONYA İLİ ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Ethem MERDAN1/ Doç. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM2

1Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Kırşehir, Türkiye,

ethem.merdan@ahievran.edu.tr, 0000-0003-2528-2326

2Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Bolu, Türkiye, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Özet

Günümüzde eğitim düzeyinin yükselmesi, işgücü piyasalarındaki değişimler ve istihdam olanaklarının sınırlı olması, çalışanların sahip oldukları nitelikler ile yürüttükleri işlerin gerektirdiği nitelikler arasında uyumsuzlukların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durumun çalışanlar tarafından algılanması ise algılanan aşırı niteliklilik kavramını gündeme getirmektedir. Algılanan aşırı niteliklilik, bireyin sahip olduğu bilgi, beceri, deneyim ve eğitim düzeyinin mevcut işinin gerekliliklerinden daha yüksek olduğunu düşünmesi olarak tanımlanmaktadır. Alan yazında algılanan aşırı nitelikliliğin iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti, örgütsel sinizm ve tükenmişlik gibi birçok örgütsel değişken üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte bazı araştırmalar, aşırı nitelikli çalışanların sahip oldukları bilgi ve yetenekler sayesinde yaratıcılık, yenilikçilik ve performans açısından örgütlere önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle algılanan aşırı niteliklilik hem çalışanlar hem de örgütler açısından dikkate alınması gereken önemli bir örgütsel olgu olarak değerlendirilmektedir. Bu araştırmanın temel amacı, Konya ilinde bulunan bir üniversitede görev yapan idari personelin algılanan aşırı niteliklilik düzeylerini belirlemektir. Bu kapsamda çalışanların sahip oldukları aşırı niteliklilik algılarının düzeyi ortaya konularak mevcut durumun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma, yükseköğretim kurumlarında görev yapan idari personelin algılanan aşırı niteliklilik düzeylerini ortaya koyması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca elde edilen bulguların üniversite yönetimlerine insan kaynakları uygulamaları, personel planlaması, görev dağılımı ve çalışanların yetkinliklerinden daha etkin yararlanılması konusunda katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanında araştırmanın, algılanan aşırı niteliklilik alanındaki sınırlı ulusal literatüre katkı sunması ve gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalara yol göstermesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Algılanan aşırı niteliklilik, idari personel, yükseköğretim kurumları, çalışan algıları.

A STUDY ON MEASURING UNIVERSITY EMPLOYEES' PERCEPTIONS OF OVERQUALIFICATION: THE CASE OF KONYA PROVINCE

Assoc. Prof. Dr. Ethem MERDAN1/ Assoc. Prof. Dr. Ahmet Tuncay ERDEM2

1Kırşehir Ahi Evran University, School of Health Services, Kırşehir, Turkey,

ethem.merdan@ahievran.edu.tr, 0000-0003-2528-2326

2Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Communication, Bolu, Turkey, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Abstract

Today, the increasing level of education, changes in labor markets, and limited employment opportunities have led to mismatches between employees' qualifications and the qualifications required by the jobs they perform. The perception of this situation by employees has brought the concept of perceived overqualification to the forefront. Perceived overqualification is defined as an individual's belief that their knowledge, skills, experience, and educational background exceed the requirements of their current job. The literature indicates that perceived overqualification has significant effects on various organizational variables, including job satisfaction, organizational commitment, turnover intention, organizational cynicism, and burnout. However, some studies suggest that overqualified employees can make substantial contributions to organizations in terms of creativity, innovation, and performance through their knowledge and abilities. Therefore, perceived overqualification is considered an important organizational phenomenon that deserves attention from both employees and organizations. The primary objective of this study is to determine the levels of perceived overqualification among administrative staff working at a university in Konya Province. Within this scope, the study aims to assess the current situation by identifying the extent of employees' perceptions of overqualification. The research is significant in that it reveals the perceived overqualification levels of administrative personnel employed in higher education institutions. Furthermore, the findings are expected to contribute to university administrations in areas such as human resource practices, personnel planning, task allocation, and the more effective utilization of employees' competencies. In addition, the study is anticipated to contribute to the limited national literature on perceived overqualification and provide guidance for future research in this field.

Keywords: Perceived overqualification, administrative staff, higher education institutions, employee perceptions.

Giriş

Aşırı niteliklilik kavramı literatürde ilk olarak bireyin sahip olduğu eğitim düzeyinin ve yeteneklerinin, mevcut işinin gerektirdiklerinin üzerinde olması durumu olarak tanımlanmıştır (Özkanan, 2018). Bu olgu, çalışanların mesleki beceri ve beklentilerinin mevcut pozisyonları tarafından karşılanamamasıyla karakterize edilen bir uyumsuzluk durumunu ifade etmektedir (Demir ve Sürgevil, 2021; Kır ve Akçakanat, 2021). Bu durum, çalışanın potansiyelinin işin gerekliliklerinden daha yüksek olduğu yönündeki öznel değerlendirmesiyle şekillenmekte olup, birey ile organizasyon arasındaki uyumsuzluğun temelini oluşturmaktadır (Öner ve Akyol, 2022; Yıldız ve Arda, 2018).

Literatürde aşırı nitelikli çalışanların işe bağlılıklarının azalması ve işten ayrılma niyetlerinin artması gibi istenmeyen sonuçlara yol açtığı sıkça vurgulanmaktadır (Akbiyık, 2015). Üniversite çalışanları özelinde değerlendirildiğinde, yüksek eğitim düzeyine sahip bireylerin sınırlı iş imkânları nedeniyle yetkinliklerinden daha düşük seviyede görevler üstlenmeleri, bu algının daha belirgin hale gelmesine yol açmaktadır (Akın ve Ulukök, 2016). Bu bağlamda, Konya gibi akademik ve bürokratik istihdamın yoğun olduğu bölgelerde, üniversite çalışanlarının sahip oldukları nitelikler ile mevcut iş gerekleri arasındaki uyumsuzlukların örgütsel tutum ve davranışlar üzerindeki etkisinin bilimsel bir çerçevede incelenmesi gerekmektedir (Acaray, 2019; Gizlier ve Yıldız, 2021).

Araştırmanın amacı, üniversite personelinin algıladığı aşırı niteliklilik düzeylerini tespit ederek bu durumun analiz edilmesidir. Özellikle Türkiye ölçeğinde sınırlı sayıda çalışmaya konu olan bu alan, yükseköğretim kurumlarında çalışanların sahip olduğu yetkinliklerin verimli kullanılmaması durumunun bireysel ve örgütsel yansımalarını anlamak adına kritik bir önem taşımaktadır (Akın ve Ulukök, 2016). Ayrıca, çalışanların kendi yetkinliklerini pozisyon gerekliliklerinin üzerinde görme eğilimi, örgütsel verimlilik ve etkililik üzerinde yadsınamaz sonuçlar doğurmaktadır (Güzel ve Sığırcı, 2022).

1. Literatür Taraması

Aşırı niteliklilik, literatürde bireyin eğitim düzeyi, deneyimi ve becerilerinin iş gereklerini aşması sonucu oluşan bir uyumsuzluk olarak ele alınmakta olup, genellikle olumsuz örgütsel çıktılarla ilişkilendirilmektedir (Karaman ve Çetinkaya, 2019). Özellikle bu algıya sahip çalışanların kendilerini işin gerektirdiklerinden daha donanımlı görmeleri, işi sahiplenme ve işe odaklanma süreçlerinde ciddi zafiyetlere neden olmaktadır (Karagöz, 2023). Bireylerin yeteneklerini kullanamamaları, motivasyonel boşluğa ve iş yerine karşı yabancılaşma duygusunun gelişmesine zemin hazırlamaktadır (Söylemez ve Uslu, 2022). Bunun yanı sıra, aşırı niteliklilik algısı çalışanların iş yerindeki can sıkıntısı düzeyini artırarak örgütsel özdeşleşme süreçlerini zayıflatmaktadır (Kelebek, 2024). Ayrıca, yüksek nitelikli bireylerin beklentileri ile mevcut çalışma koşulları arasındaki bu uçurum, iş stresi ve genel tatminsizlik düzeylerini önemli ölçüde tetikleyerek çalışanların örgütsel bağlılıklarını olumsuz yönde etkilemektedir (Kelebek, 2023).

Öte yandan, motivasyon ve yetenek temelli teorik yaklaşımlar, aşırı nitelikliliğin çalışan tutumları ve iş ilişkileri üzerindeki doğrudan etkilerini ortaya koymaktadır (Erdogan ve Bauer, 2021). Bu bağlamda yapılan araştırmalar, algılanan fazla nitelikliliğin sadece performans kaybına değil, aynı zamanda çalışanın kariyer planlama süreçlerinde örgütsel destek mekanizmalarına olan güvenin azalmasına da yol açtığını göstermektedir (Işık, 2019). Nitekim meta-analiz çalışmaları, algılanan aşırı niteliklilik ile iş tatmini arasında düşük düzeyde, negatif yönlü anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Acuner vd., 2022). Buna ek olarak, kendisini pozisyonu için aşırı vasıflı hisseden çalışanların örgütsel bağlılık düzeylerinde kayda değer bir düşüş yaşandığı ve işten ayrılma niyetlerinin belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir (Öner ve Akyol, 2022). Buna karşın, aşırı niteliklilik algısı arttıkça bazı durumlarda çalışan performansının yükseldiğine dair bulgular mevcut olsa da, literatür genel olarak bu olguyu birey ve kurum üzerinde olumsuz etkiler doğuran bir uyumsuzluk süreci olarak değerlendirmektedir (Kır ve Akçakanat, 2021; Özkanan, 2018). Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar

incelendiğinde, bu konunun genellikle örgütsel davranış literatüründe yeni gelişen bir ilgi alanı olduğu ve özellikle kamu ile üniversite personeli üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir (Akın ve Ulukök, 2016; Virdi vd., 2024).

2. Yöntem

Bu çalışma, üniversite çalışanlarının aşırı niteliklilik algısını belirlemek amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden yararlanılarak tasarlanmış olup, Konya ilinde görev yapan idari ve akademik personeli kapsayan kesitsel bir tarama modeline dayanmaktadır. Örneklem seçiminde, Konya ilindeki yükseköğretim kurumlarının farklı birimlerinde görev yapan personeli temsil edecek şekilde tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi benimsenmiştir. Bu yaklaşım ile farklı pozisyon ve deneyim düzeylerine sahip çalışanların evreni temsil etme kapasitesinin artırılması hedeflenmiştir. Veri toplama sürecinde, çalışanların algılarını ölçmek amacıyla literatürde geçerliği kanıtlanmış ölçeklerin Türkçeye uyarlanmış formları kullanılmış ve ölçek maddeleri üzerinde doğrulayıcı faktör analizi ile iç tutarlılık testleri uygulanarak aracın yapı geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmıştır (Tutar ve Erdem, 2022). Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde, değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla SPSS 22.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırmada Maynard vd. (2006) geliştirdiği ve Yıldız vd. (2017)'nin Türkçe'ye uyarladığı 9 ifadeden oluşan ölçek kullanılmıştır. Araştırma evreni, Konya'daki bir vakıf üniversitesinde çalışanlardan oluşmaktadır. Veriler, üniversitede çalışan 216 kişiden oluşan 136 kişilik bir örneklemden elde edilmiştir.

3. Veri Analizi ve Bulgular

Verilerin güvenilirliği için alfa katsayısı incelenmiş ve alfa değeri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cronbach Alfa Katsayısı

	Alfa Katsayısı
Aşırı Niteliklilik Ölçeği	0,831

Tablo 1'de görülebileceği gibi, aşırı niteliklilik ölçeğinden elde edilen verilerin alfa katsayısı 0,831 olarak belirlenmiş olup verilerin güvenilir olduğu söylenebilir. Bu işlemten sonra, araştırma verilerine açıklayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizi sonucunda elde edilen faktör yükleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ölçek ifadeleri için faktör yükleri

Scale Code	Scale Items	Factor Loadings
Q1	Benden daha az iş tecrübesine sahip olan biriside benim yaptığım işi yapabilir	0,782
Q2	Bu işte başarılı olmak için sahip olduğum iş tecrübesine gerek yoktur.	0,761
Q3	İşim sahip olduğumdan daha az eğitim gerektirir.	0,692
Q4	Benden daha az eğitilmiş biri de işimde iyi performans gösterebilir.	0,688
Q5	Önceki iş deneyimim bu işte tam olarak kullanılmıyor.	0,651
Q6	Bu işin gerektirmediği becerilere sahibim.	0,614
Q7	İş yapmak için gerekenden çok daha fazla bilgiye sahibim.	0,603
Q8	İşimin gerektirdiğinden daha fazla eğitime sahibim.	0,592
Q9	İş yapmak için gerekenden daha fazla kabiliyete sahibim.	0,576

Tablo 2'ye göre, tüm faktör yükleri 0,5'ten yüksek olduğu için hiçbir araştırma sorusu çıkarılmamıştır. Bu bulguya göre, araştırma verilerinin geçerli olduğu söylenebilir. Araştırma kapsamında frekans analizi yapılmış ve verilerin ortalama değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Frekans ve Ortalama Değerler

Items	1	2	3	4	5	Means
Q1	1	3	2	5	7	3,77
Q2	2	2	3	4	6	3,58
Q3	2	1	1	7	7	3,88
Q4	2	2	2	3	9	3,83
Q5	1	1	3	5	8	4,00
Q6	2	2	3	2	5	3,42
Q7	2	2	3	5	2	3,21
Q8	1	2	2	1	3	3,33
Q9	1	1	1	2	5	3,90
Toplam	14	16	20	34	52	32,96
Ortalama	1,55	1,77	2,22	3,77	5,77	3,66

Tablo 3'te görülebileceği gibi, katılımcıların algılanan aşırı niteliklilik düzeyi 3,66 olarak belirlenmiş olup, bu değer ortalama değer olan 2,5'in üzerindedir. Bu değere göre, vakıf üniversiteleri çalışanlarının aşırı niteliklilik algılarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Bu araştırmada, Konya ilinde faaliyet gösteren bir vakıf üniversitesinde görev yapan çalışanların algılanan aşırı niteliklilik düzeyleri incelenmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan ölçeğin güvenilirlik katsayısının yüksek düzeyde olması ($\alpha=0,831$), elde edilen verilerin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda tüm maddelerin faktör yüklerinin kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğu belirlenmiş ve ölçeğin yapı geçerliliğinin sağlandığı görülmüştür.

Araştırma bulguları, üniversite çalışanlarının algılanan aşırı niteliklilik düzeylerinin ortalamanın üzerinde olduğunu ortaya koymuştur. Ölçeğin genel ortalamasının 3,66 olarak belirlenmesi, çalışanların sahip oldukları bilgi, beceri, deneyim ve eğitim düzeylerinin mevcut işlerinin gerektirdiği niteliklerin üzerinde olduğu yönünde bir algıya sahip olduklarını göstermektedir. Özellikle önceki iş deneyimlerinin mevcut işlerinde tam olarak kullanılmadığını ifade eden maddelerin yüksek ortalamalara sahip olması, çalışanların sahip oldukları yetkinliklerden yeterince yararlanılamadığına işaret etmektedir.

Elde edilen sonuçlar, algılanan aşırı nitelikliliğin yükseköğretim kurumlarında dikkate alınması gereken önemli bir örgütsel sorun olduğunu göstermektedir. Çalışanların kendilerini görevlerinin gerektirdiğinden daha nitelikli görmeleri, iş tatmini, örgütsel bağlılık ve motivasyon üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu durum uzun vadede işten ayrılma niyeti, örgütsel yabancılaşma ve performans kayıpları gibi çeşitli örgütsel sonuçlara

neden olabilmektedir. Buna karşın, çalışanların sahip oldukları bilgi ve becerilerden etkin biçimde yararlanılması durumunda, bu niteliklerin kurum açısından önemli bir avantaja dönüştürülebileceği değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda üniversite yönetimlerinin çalışanların eğitim, deneyim ve yetkinlik düzeylerini dikkate alan insan kaynakları uygulamalarına ağırlık vermeleri önem taşımaktadır. Görev dağılımlarının yeniden değerlendirilmesi, kariyer geliştirme uygulamalarının yaygınlaştırılması, çalışanların uzmanlık alanlarına uygun görevlerde istihdam edilmesi ve yetenek yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi, algılanan aşırı niteliklilik düzeylerinin azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Araştırmanın yalnızca Konya ilinde bulunan bir vakıf üniversitesinde gerçekleştirilmiş olması çalışmanın temel sınırlılıklarından biridir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı üniversiteler, kamu ve vakıf yükseköğretim kurumları veya farklı sektörlerde çalışan örneklemeler üzerinde karşılaştırmalı çalışmalar yapılması önerilmektedir. Ayrıca algılanan aşırı nitelikliliğin iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti, örgütsel sinizm ve çalışan performansı gibi değişkenlerle ilişkisini inceleyen araştırmaların literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Acaray, A. (2019). Algılanan aşırı nitelikliliğin iş tatmini ve işten ayrılma niyeti üzerine etkisi: örgüt temelli özsaygının düzenleyici rolü. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 447-468.
- Acuner, T., Aydemir, P., & Atalay, M. Ö. (2022). İş tatmini ve örgütsel özdeşleşme arasındaki ilişkinin meta analiz yöntemiyle incelenmesi: Türkiye bağlamında bir araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (37), 121-142.
- Akbıyık, B. Ü. (2015). Perceived overqualification and task performance in hospitality sector: The moderating effect of perceived job alternatives. *Journal of Tourism Theory and Research*, 2(1), 19-29.
- Akın, A., & Ulukök, E. (2016). Fazla nitelikliliğin bireysel ve örgütsel sonuçlarının incelenmesine yönelik kavramsal bir değerlendirme. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8(4), 71-86.
- Demir, S., & Sürgevil, O. (2021). Algılanan aşırı nitelikliliğin örgütsel sinizme etkisinde kişilik özelliklerinin düzenleyici rolünü belirlemeye yönelik bir araştırma. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 28(2), 399-419.
- Erdogan, B., & Bauer, T. N. (2021). Overqualification at work: A review and synthesis of the literature. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 8(1), 259-283.
- Gizlier, Ö., & Yıldız, B. (2021). Algılanan aşırı nitelikliliğin zorunlu vatandaşlık davranışları üzerindeki etkisi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 187-206.
- Güzel, Ş., & Sığırcı, H. (2022). Algılanan aşırı nitelikliliğin iş doyumunu ve örgütsel özdeşleşme ile ilişkisi: Doktor ve Hemşireler üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(35), 756-775.
- Işık, M. (2019). Algılanan aşırı vasıflılık ve bireysel kariyer planlaması ilişkisinde algılanan örgütsel desteğin düzenleyicilik etkisi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (BUSBED)*, 9(18), 1015-1041.
- Karagöz, H. (2023). Algılanan aşırı nitelikliliğin işe tutulma üzerindeki etkisinde örgütsel güvenin aracı rolü: Hizmet sektöründe bir araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 26(2), 303-315.
- Karaman, E. E., & Çetinkaya, N. (2019). Kişilik özelliklerinin algılanan aşırı nitelikliliğe etkisi: Konaklama işletmeleri çalışanları üzerine bir araştırma. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 13-33.
- Kelebek, E. F. E. (2023). Algılanan aşırı niteliklilik ile iş stresi ve iş yerinde can sıkıntısı arasındaki ilişki ve olası etki. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(40), 1264-1275.

- Kelebek, E. F. E. (2024). Algılanan aşırı nitelikliliğin iş yerinde can sıkıntısı üzerindeki etkisinde örgütsel özdeşleşmenin düzenleyici rolü. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 31(1), 75-92.
- Kır, A., & Akçakanat, T. (2021). Algılanan aşırı niteliklilik: Kavramsal bir değerlendirme. *Visionary E-Journal/Vizyoner Dergisi*, 12(31).
- Maynard, D. C., Joseph, T. A., & Maynard, A. M. (2006). Underemployment, job attitudes, and turnover intentions. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 27(4), 509-536.
- Öner, N. S., & Akyol, B. (2022). Akademik personelde algılanan aşırı vasıflılık ve örgütsel dışlanma ilişkisi. *Yıldız Journal of Educational Research*, 7(2).
- Özkanan, A. (2018). Algılanan aşırı nitelikliliğe iki yönlü bakış: Çalışan–amir değerlendirmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(4), 664-672.
- Söylemez, M., & Uslu, F. (2022). Perceived overqualification and work alienation: examining the roles of relative deprivation and mastery experiences. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 1018-1026.
- Tutar, H., & Erdem, A. T. (2022). *Örnekleriyle bilimsel araştırma yöntemleri ve SPSS uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık.
- Virdi, M., Arora, N., & Uppal, N. (2024). Exploring overqualified talent in the workplace: a comprehensive review. *Academy of Management Proceedings*, 2024(1), 16148. <https://doi.org/10.5465/AMPROC.2024.16148abstract>
- Yıldız, B., & Arda, Ö. A. (2018). Algılanan aşırı nitelikliliğin yenilikçi işyeri davranışları üzerindeki etkisinde kolektif şükranın rolü. *Journal of Management & Economics Research*, 16(2), 141-161. <https://doi.org/10.11611/yead.397924>
- Yıldız, B., Özdemir, F., Habib, E., & Çakı, N. (2017). Aşırı nitelikliliğin işten ayrılma niyeti üzerindeki etkisinde kolektif şükranın moderator etkisi. *Örgütsel Davranış Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 40-61.

SOSYAL MEDYADA KADIN KİMLİĞİ VE TOKSİK POZİTİFLİK: GÖSTERGEBİLİMSEL BİR ANALİZ

Yüksek Lisans Öğrencisi Damla ATEŞ¹ / Dr. Öğr. Üyesi Kürşad GÖLGELİ²

¹ Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kadın Çalışmaları Anabilim Dalı,
4032130053@erciyes.edu.tr, ORCID: 0009-0008-9501-2464

² Erciyes Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Gazetecilik Bölümü, kgolgel@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9564-4666

Özet

Dijital platformlar, kadın kimliğinin estetik, duygusal ve toplumsal normlar doğrultusunda yeniden üretildiği önemli temsil alanları hâline gelmiştir. Özellikle Instagram'da dolaşıma giren kadınlık temsilleri; estetik kusursuzluk, öz-disiplin, üretkenlik ve sürekli olumlu görünme baskısı üzerinden şekillenmektedir. Bu durum, son yıllarda giderek daha fazla tartışılan toksik pozitiflik söyleminin dijital kültürdeki yansımalarını görünür kılmaktadır. Bununla birlikte aynı dijital ortamlar, normatif kadınlık temsillerini sorgulayan alternatif anlatıların da üretilebildiği çelişkili bir yapıya sahiptir.

Bu çalışma, sosyal medyada kadın kimliğinin toksik pozitiflik söylemi bağlamında nasıl inşa edildiğini ve siberfeminist yaklaşımların bu sürece nasıl alternatifler sunduğunu incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş ve göstergebilimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda Kylie Jenner, Kayla Itsines ve I Weigh hesaplarından seçilen Instagram gönderileri ile Black Mirror dizisinin Nosedive bölümü analiz edilmiştir. Çözümlemelerde beden temsilleri, dijital öz-sunum pratikleri, görünürlük mekanizmaları ve toksik pozitiflik söylemi değerlendirilmiştir.

Araştırma bulguları, hegemonik kadınlık temsillerinde estetik beden, wellness kültürü ve sürekli olumlu benlik sunumunun öne çıktığını göstermektedir. Buna karşılık I Weigh platformunda beden olumlama, kırılabilirliğin görünür kılınması ve norm dışı deneyimler aracılığıyla alternatif kadınlık temsilleri üretildiği belirlenmiştir. Black Mirror dizisinin Nosedive bölümünün ise dijital onay mekanizmalarını ve performatif mutluluk kültürünü eleştirel bir anlatı üzerinden görünür kıldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma, kadın kimliğinin dijital ortamda platform dinamikleri, toplumsal cinsiyet normları ve toksik pozitiflik söyleminin etkileşimiyle şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, toksik pozitiflik söylemi ile siberfeminizmi aynı analitik çerçevede birlikte değerlendirerek dijital kültür ve toplumsal cinsiyet literatürüne katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal medya, kadın kimliği, toksik pozitiflik, toplumsal cinsiyet, feminizm.

FEMALE IDENTITY AND TOXIC POSITIVITY ON SOCIAL MEDIA: A SEMIOTIC ANALYSIS**Graduate Student Damla ATEŞ¹ / Asst. Prof. Kürşad GÖLGELİ²****¹ Erciyes University, Graduate School of Social Sciences, Department of Women's Studies,
4032130053@erciyes.edu.tr, ORCID: 0009-0008-9501-2464****² Erciyes University, Faculty of Communication, Department of Journalism, kgolgeli@erciyes.edu.tr,
ORCID: 0000-0001-9564-4666****Abstract**

Digital platforms have become crucial spaces of representation where female identity is reproduced in line with aesthetic, emotional, and social norms. In particular, representations of femininity circulating on Instagram are shaped through the pressures of aesthetic perfection, self-discipline, productivity, and the constant expectation of appearing positive. This situation reveals the reflections of the toxic positivity discourse in digital culture, which has been increasingly debated in recent years. However, these same digital environments possess a contradictory structure that allows the production of alternative narratives that challenge normative representations of femininity.

This study aims to examine how female identity is constructed within the discourse of toxic positivity on social media and how cyberfeminist approaches offer alternatives to this process. The study adopted a qualitative research design and employed semiotic analysis. Accordingly, selected Instagram posts from the accounts of Kylie Jenner, Kayla Itsines, and I Weigh, along with the "Nosedive" episode of the *Black Mirror* series, were analyzed. The analyses evaluated body representations, digital self-presentation practices, visibility mechanisms, and the discourse of toxic positivity.

The findings indicate that idealized body representations, wellness culture, and constant positive self-presentation are prominent within hegemonic representations of femininity. On the other hand, it was determined that alternative representations of femininity are produced on the I Weigh platform through body positivity, making vulnerability visible, and non-normative experiences. Furthermore, it was concluded that the *Nosedive* episode of the *Black Mirror* series critically exposes digital validation mechanisms and the culture of performative happiness. In conclusion, the study reveals that female identity is shaped in the digital environment by the interaction of platform dynamics, gender norms, and the discourse of toxic positivity. In doing so, the study contributes to the literature on digital culture and gender by examining toxic positivity and cyberfeminism within a shared analytical framework.

Keywords: Social media, female identity, toxic positivity, gender, feminism.

SUÇLULUK KISKACINDA İŞ TATMİNİ: ÖZ BELİRLEME KURAMI ÇERÇEVESİNDE ANNE İSTİHDAM SUÇLULUĞU

Yüksek lisans öğrencisi, Begüm GİRGİNER ^{1/} Doç. Dr. Hilal Tuğçe BAYAR TÜRKÖĞLU ²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Politika, begum_girginer@outlook.com, 0009-0008-0614-9179

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Politika, hilalbayer@sdu.edu.tr, 0000-0002-8834-7433

Özet¹

Çalışma yaşamında aktif istihdamda yer alan anneler, toplumsal "ideal annelik" normları ile kariyer talepleri arasında sıkışarak yoğun bir anne istihdam suçluluğu yaşayabilmektedir. Bu çalışmada, literatürde iş tatminini baltaladığı öngörülen bu suçluluk duygusu, bireysel iyi oluşu ve içsel motivasyonu açıklayan Öz Belirleme Kuramı üzerinden temellendirilmiştir.

İstihdam suçluluğu yaşayan annelerde, öz belirleme kuramına göre iş tatmininin temel şartı olan özerklik ihtiyacı, annelerin çalışmayı hür iradeleri yerine dışsal bir ekonomik zorunluluk olarak algılamalarıyla zedelenmekte ve bu durum istihdam suçluluğunu tırmandırmaktadır. Zamanı ve rolleri üzerinde kontrol sağlayamayan annede yükselen suçluluk duygusu, iş yerindeki görevleri içselleştirmesini engelleyerek iş tatminini olumsuz yönde etkilemektedir. Özerklik algısındaki bu olası aşınmanın ve "her yere yetişme" baskısının, kuramın ikinci sacayağı olan yeterlilik ihtiyacını da sekteye uğratmaktadır. Yoğun suçluluk duyan annelerin, iş yerindeki başarılarını evdeki "eksiklik" hissi nedeniyle değersizleştirerek kendilerini yetersiz görme eğiliminde olabilecekleri, bu durumun ise içsel motivasyonu kırarak iş tatminini azaltabileceği düşünülmektedir. Bu yetersizlik hissinin, çocuğun/çocukların ihmal edildiği endişesinden beslenmesi durumunda, en nihayetinde ilişkisellik ihtiyacının da bir açlığa dönüşmesine neden olacaktır. Mesai saatlerinde zihni evdeki ilişki boşluğuyla meşgul olan annenin, işe psikolojik bağlılık geliştirmekte zorlanabileceği, örgütsel çevreye yabancılaşabileceği ve bu durumun iş tatminsizliğine yol açabileceği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak anne istihdam suçluluğunun; özerklik, yeterlilik ve ilişkisellik kanallarını tıkayarak iş tatminini düşüren psikolojik bir engel olabileceği kuramsal düzeyde değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda kurumların, çalışan annelerin bu üç temel psikolojik ihtiyacına doğrudan hitap eden esnek ve kapsayıcı stratejiler geliştirmesinin kritik bir rol oynayabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anne İstihdam Suçluluğu, İş Tatmini, Öz Belirleme Kuramı.

Bu bildiri Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Ana Bilim Dalında Doç. Dr. Hilal Tuğçe Bayar Türkoğlu danışmanlığında yüksek lisans öğrencisi Begüm Girginer tarafından yürütülmekte olan "Kadın Öğretmenlerde Anne İstihdam Suçluluğu ve İş Tatmini İlişkisi" konulu tez çalışmasından türetilmiştir.

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Ana Bilim Dalında, Doç. Dr. Hilal Tuğçe Bayar Türkoğlu danışmanlığında yüksek lisans öğrencisi Begüm Girginer tarafından yürütülen "Kadın Öğretmenlerde Anne İstihdam Suçluluğu ve İş Tatmini İlişkisi" başlıklı tez çalışmasından türetilmiştir.

JOB SATISFACTION IN THE GRIP OF GUILT: MATERNAL EMPLOYMENT GUILT WITHIN THE FRAMEWORK OF SELF-DETERMINATION THEORY

Master's Student, Begüm GİRGINER¹/ Assoc. Prof., Hilal Tuğçe BAYAR TÜRKOĞLU ¹

¹Suleyman Demirel University, Social Policy, begum_girginer@outlook.com, 0009-0008-0614-9179

²Suleyman Demirel University, Social Policy, hilalbayer@sdu.edu.tr , 0000-0002-8834-7433

Abstract

Mothers actively participating in the workforce may experience intense maternal employment guilt, caught between socially constructed "ideal motherhood" norms and professional career demands. This study conceptualizes this guilt feeling, which is anticipated in the literature to undermine job satisfaction, through Self-Determination Theory, which explains individual well-being and intrinsic motivation.

In mothers experiencing employment guilt, the need for autonomy a fundamental prerequisite for job satisfaction according to self-determination theory is undermined as mothers perceive employment as an external economic necessity rather than a choice of free will, a situation that further escalates employment guilt. The rising sense of guilt in mothers who lack autonomy over their time and roles prevents them from internalizing workplace tasks, thereby negatively affecting job satisfaction. This potential erosion of the perception of autonomy, coupled with the pressure to "be everywhere at once," is also thought to disrupt the need for competence, the second pillar of the theory. It is considered that mothers experiencing intense guilt may tend to discount their workplace achievements due to a perceived "deficiency" at home, viewing themselves as incompetent, which could ultimately break the cycle of intrinsic motivation and reduce job satisfaction.

Should this sense of incompetence stem from the anxiety that the child/children are being neglected, it may ultimately lead the need for relatedness to turn into a psychological deprivation. It is evaluated that a mother whose mind is preoccupied with the relational void at home during working hours may struggle to develop psychological commitment to her work, potentially leading to alienation from the organizational environment and resulting in job dissatisfaction.

In conclusion, it is theoretically evaluated that maternal employment guilt could act as a psychological barrier that reduces job satisfaction by blocking the channels of autonomy, competence, and relatedness. Accordingly, it is anticipated that organizations developing flexible and inclusive strategies directly addressing these three basic psychological needs of working mothers could play a critical role.

Keywords: Maternal Employment Guilt, Job Satisfaction, Self-Determination Theory.

¹ This extended abstract is derived from the ongoing master's thesis entitled The Relationship Between Maternal Employment Guilt and Job Satisfaction Among Female Teachers, being conducted by Begüm Girginer under the supervision of Assoc.Doç. Dr. Hilal Tuğçe Bayar Türkoğlu in the Department of Labour Economics and Industrial Relations, Institute of Social Sciences, Süleyman Demirel University.

SENARYO YAZIM SÜREÇLERİNDE BÜYÜK DİL MODELLERİ'NİN (LLM) KULLANIMI VE PROMPT MÜHENDİSLİĞİ ÜZERİNE METODOLOJİK BİR ÇERÇEVE

Prof. Dr. Burak MEDİN 1 / Yüksek Lisans Öğrencisi, Ömer HATİPOĞLU 2

1 Erciyes Üniversitesi İletişim Fakültesi Radyo TV Sinema Bölümü, Sinema, burakmedin@erciyes.edu.tr, Orcid 0000-0001-8012-035X

2 Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Radyo, Televizyon ve Sinema Bölümü, Sinema, 4031230107@erciyes.edu.tr, Orcid 0009-0001-9240-9334.

Özet

Bu araştırmanın temel amacı, büyük dil modellerinin senaryo yazım sürecindeki performansını ve farklı komut stratejilerinin bu sürece etkisini sistematik bir biçimde incelemektir. Yaratıcı yazım ve sinema alanında yapay zekâ çıktılarının nesnel bir şekilde değerlendirilmesi önemli bir metodolojik zorluktur. Bu zorluğu aşmak amacıyla çalışma, bilgisayar bilimlerinde ve büyük dil modellerinin performans analizinde en yaygın ve verimli metotlardan biri kabul edilen karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking) desenine (Liang vd., 2023) dayanan deneysel bir yapıda kurgulanmıştır. Çalışmada, modelleri yönlendirmek için literatürde temel kabul edilen dört strateji test edilmiştir: “örneksiz” (Zero-Shot), “örnekli” (Few-Shot) (Brown vd., 2020), “zincirleme düşünme” (Chain-of-Thought) (Wei vd., 2022) ve “rol atama” (Role Prompting) (Shanahan vd., 2023). 2026 yılı itibarıyla erişilebilir en güçlü üç model olan ChatGPT 5.5, Claude Opus 4.6 ve Gemini 3.1 Pro; bu dört strateji ve üç temel senaryo görevi (logline, karakter ve sahne yazımı) üzerinden 36 farklı deney koşulunda sınanmıştır. Elde edilen metinlerin ölçülebilmesi için Çelik (2024)'in senaryo değerlendirme formu temel alınarak her görev için on objektif ölçütten oluşan bir ölçek kullanılmış ve çıktılar 1, 0,5 ve 0 puanlarıyla, değerlendirmeyi etkilememesi için üretildikleri modeller gizlenerek puanlanmıştır. Yöntemin tutarlılığı, iki haftalık aralıkla yapılan tekrar testleriyle kanıtlanmış (ICC=0,954) ve veriler tanımlayıcı istatistiklerle çözümlenmiştir. Bulgular, senaryo yazımında her duruma uyan tek bir modelin ya da komut stratejisinin bulunmadığını; kalitenin ancak model, strateji ve görev türü arasındaki doğru etkileşimle arttığını göstermektedir. ChatGPT 5.5 en dengeli performansı sergilerken; modellerin kuralla dayalı karakter üretiminde başarılı olduğu, dramatik derinlik gerektiren sahne yazımında ise belirgin şekilde zorlandığı ve ayrıştığı tespit edilmiştir. Çalışma, yaratıcı yazım alanında yapay zekâ kullanımına yönelik uyarlanabilir, şeffaf ve güvenilir bir metodolojik değerlendirme çerçevesi önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinema, Senaryo Yazımı, Büyük Dil Modelleri, Prompt Mühendisliği, Yapay Zekâ.

A METHODOLOGICAL FRAMEWORK ON THE USE OF LARGE LANGUAGE MODELS (LLMS) AND PROMPT ENGINEERING IN SCREENWRITING PROCESSES

Prof. Dr. Burak MEDİN¹ / Master's Degree Student, Ömer HATİPOĞLU²

¹ Erciyes University, Faculty of Communication, Department of Radio, Television and Cinema, Cinema, burakmedin@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8012-035X

² Erciyes University, Institute of Social Sciences, Department of Radio, Television and Cinema, Cinema, 4031230107@erciyes.edu.tr, ORCID: 0009-0001-9240-9334

Abstract

The purpose of this research is to examine the performance of large language models in the screenwriting process and the impact of prompt strategies. The evaluation of artificial intelligence outputs in creative writing and cinema constitutes a methodological challenge. To overcome this challenge, the study is structured on an experimental design based on benchmarking (Liang et al., 2023), an efficient method in computer science and performance analysis of large language models. In the study, four strategies considered fundamental for steering the models were tested: 'Zero-Shot', 'Few-Shot' (Brown et al., 2020), 'Chain-of-Thought' (Wei et al., 2022), and 'Role Prompting' (Shanahan et al., 2023). ChatGPT 5.5, Claude Opus 4.6, and Gemini 3.1 Pro, three models accessible as of 2026, were tested across 36 experimental conditions based on these four strategies and three core screenwriting tasks (logline, character, and scene writing). To measure the generated texts, a scale consisting of ten criteria for each task was utilized, based on the screenplay evaluation form by Çelik (2024). The outputs were scored with 1, 0.5, and 0 points, and to prevent any potential bias in the evaluation, the models from which they were generated were blinded. The consistency of the method was proven through test-retest reliability conducted at a two-week interval (ICC=0.954), and the data were analyzed using descriptive statistics. The findings indicate that there is no single model or prompt strategy that fits all situations in screenwriting; quality increases only through the correct interaction between the model, strategy, and task type. While ChatGPT 5.5 exhibited balanced performance, it was determined that the models were successful in rule-based character generation but struggled and diverged in scene writing, which requires dramatic depth. The study proposes an adaptable, transparent, and reliable evaluation framework for artificial intelligence in the field of creative writing.

Keywords: Cinema, Large Language Models, Prompt Engineering, Screenwriting, Artificial Intelligence.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve sanatsal üretim tarihsel süreç boyunca birbirleriyle etkileşim halinde ilerlemiştir. Süreç içerisinde üretim araçlarının değişime uğraması sanatsal üretim metodolojisini de belirgin bir biçimde değiştirmiştir. Nitekim kameralar geliştikçe daha gerçekçi görüntüler elde etme imkânını sağlamıştır; bilgisayarlar geliştikçe elde edilen görüntülerin manipülasyona uğratılması mümkün hale gelmiştir. Günümüzde bu dönüşümün güncel kilometre taşlarından olan yapay zekâ teknolojisi de yaratıcı üretim süreçlerini hızlı bir dalga halinde dönüştürmektedir.

Yapay zekânın mekanik ve düşünsel temelleri, Alan Turing'in 1950 yılında yayımladığı "*Computing Machinery and Intelligence*" makalesinde ele alınan "*Can Machines Think?*" sorusuna dayanmaktadır. Her ne kadar "yapay zekâ" terimi 1956 Dartmouth Konferansı'nda resmiyet kazanmış olsa da Turing'in ortaya koyduğu çerçeve bu alanda felsefi milat olarak kabul edilir. Turing, bu düşünme yetisini test etmek için soru-cevap yöntemini temel almış ve metin tabanlı iletişimi seçmiştir. Turing bu durumu şu şekilde ifade eder: "*Soru-cevap yöntemi, insan çabasının dâhil etmek istediğimiz hemen her alanını sürece dâhil etmek için son derece uygun görünmektedir*" (Turing, 1950, s. 434). Bu durum, günümüzde kullanılan ileri teknoloji metin tabanlı yapay zekâ modellerinin felsefi temelini 1950 yılında atmış; soru-cevap tabanlı yapay zekâ sistemlerinin kurgulanması, bilgisayar bilimleri alanında temel yaklaşımlardan biri hâline gelmiştir.

Yapay zekâ modelleri detaylıca irdelendiği takdirde görülecektir ki güncel yapay zekâ dönüşümünün başlıca itici güçlerinden biri Turing'in de bahsettiği üzere soru-cevap tabanlı yapay zekâ modelleridir. Turing'in kavramsallaştırdığı soru-cevap tabanlı etkileşim modeli, uzun bir gelişim süreci sonucunda radikal bir dönüşüm geçirmiştir. İlk dönem yapay zekâ sistemleri, örneğin Weizenbaum'un (1966) ELIZA'sı ve Winograd'ın (1972) SHRDLU'su kullanıcının sorduğu sorulara önceden tanımlanmış kurallar çerçevesinde yanıt üretirken ALICE 50.000'den fazla önceden tanımlanmış kategori kullanarak bu kural tabanlı sistemi ileri bir boyuta taşımıştır (Abu-Shawar ve Atwell, 2007). Bu sistemlerin ortak problemi, büyük kural setlerine bağımlılıkları ve kullanıcının girdisini anlama kapasitesinden yoksun olmalarıdır. Yalnızca önceden tanımlanmış kurallara en yakın eşleşmeyi metne dökerler.

Bu sınırlılığın aşılmasındaki ilk kritik adımlardan biri, Mikolov vd. (2013) tarafından önerilen Word2Vec modelidir. Word2Vec modeli, kelimeleri çok boyutlu bir vektör uzayında konumlandırarak aralarındaki semantik bağları matematiksel olarak kodlamayı sağlar. Bu semantik temsil yaklaşımı; Vaswani vd. (2017) tarafından "*Attention Is All You Need*" makalesiyle sunulan ve sahip olduğu mekanizma sayesinde metin içindeki karmaşık bağlamları net bir biçimde ayırt edebilen Transformer mimarisiyle birleştiğinde, günümüz büyük dil modellerinin temelini oluşturmuştur. Transformer mimarisi, örneğin "nehir yatağı" ile "karyola yatağı" kelime gruplarındaki "yatak" sözcüğünün hangi anlama geldiğini, cümlenin bütünündeki diğer kelimelerin olasılık ağırlıklarına bakarak bağlamsal olarak çözümleyebilmektedir. Bu mimari sıçrama, modellerin çok daha etkili bir biçimde kullanılabilir olmasının önünü açmıştır.

2022 yılında geliştirilen InstructGPT modelleriyle birlikte dil modelleri, kullanıcı talimatlarını daha etkili biçimde takip edebilen ve diyalog temelli etkileşimlere daha uygun sistemler hâline gelmiştir (Ouyang vd., 2022). Bu etkileşimde kullanıcı, doğal dil aracılığıyla niyetini ifade eden ve modelden belirli bir çıktı talep eden bir yönlendirici konumundadır. Bu etkileşimde kullanıcının modele ilettiği metin yönergesi "*prompt*" olarak adlandırılmaktadır. Modelin ürettiği çıktının kalitesi, tutarlılığı ve amaca uygunluğu ise büyük ölçüde bu yönergenin tasarımına bağlı olmaktadır. Bu bağımlılık, prompt tasarımını sistematik bir uzmanlık alanına, prompt mühendisliğine diğer bir deyişle komut istemi mühendisliğine dönüştürmüştür. Komut istemleri, "*kayıtlar, genişletmeler ve üretilen çıktıların belirli özelliklerini sağlamak için bir büyük dil modellerine verilen talimatlardır*" (White vd., 2023, s. 1). Sinema endüstrisinde yapay zekânın benimsenmesini inceleyen güncel çalışmalar (Khan vd., 2025; Tamour vd., 2025; Uddin vd., 2025), yapay zekânın özellikle yapım sonrası ve

verimlilik odaklı süreçlerdeki etkisine yoğunlaşmakta; ancak ön yapım aşamasında yaratıcı yazım süreçleri, özellikle senaryo geliştirme, sistematik bir biçimde ele alınmamaktadır.

Alanyazın incelendiğinde, yapay zekâ araştırmalarının sinema endüstrisinde senaryo yazım sürecinden ziyade diğer üretim aşamalarına odaklanmasının çeşitli nedenleri olduğu görülmektedir. Amerika Yazarlar Birliği'nin yapay zekâ ile senaryo yazımı da dâhil olmak üzere yaratıcı üretim alanında ortaya koymuş olduğu regülasyonlar yapay zekânın insan kontrolü olmaksızın çalışması konusunda hukuki kısıtlamalardan bahseder. Yazarlar, yapay zekâ araçlarının kullanılmasına karşı çıkmazken, stüdyoların yazarları ChatGPT gibi araçları kullanmaya zorlamasını da reddeden bir tutum sergilemiştir (Writers Guild of America West, 2025).

Regülasyonlar kadar önemli olan bir diğer faktör ise bütçe ve risk dinamikleri olarak gözlemlenmektedir. Film üretiminde bütçenin %95'inden fazlası yapım ve post-produksiyona harcanırken; ön yapım aşamasındaki senaryo geliştirme süreçleri toplam bütçenin yalnızca %2'si ile %5'ini oluşturarak oldukça düşük bir finansal pay almaktadır (Ryan, 2010; Vogel, 2020). Ancak bütçedeki bu düşük payına rağmen senaryo, filmin anlatsal ve yapısal temelini yani iskeletini oluşturduğu için eserin nihai kalitesini ve potansiyel başarısını belirleyen en kritik faktör olarak kabul edilmektedir (Field, 2005; McKee, 1997). Dolayısıyla senaryo, bütçedeki sınırlı payına rağmen filmin nihai başarısını belirleyen kritik unsurlardan biridir. Her ne kadar Google DeepMind ekibi tarafından geliştirilen Dramatron (Mirowski vd., 2023) gibi senaryo odaklı model çerçeveleri mevcut olsa da bu sistemlerin endüstriyel ölçekte tam otonom kullanıma henüz büyük ölçüde hazır olmadığı görülmektedir. Senaryo yazımının büyük oranda metin tabanlı bir yaratıcı süreç olması, bu alandaki çalışmaların henüz erken aşamada olması ve büyük dil modellerinin metin üretimindeki üstün kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda, çalışma, metin tabanlı büyük dil modelleriyle sınırlandırılmıştır. Senaryo yazım çıktılarının değerlendirilmesinde tekrarlanabilir ölçütlerin geliştirilmesi, alandaki temel metodolojik zorluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Senaryo yazımının sanatsal doğası gereği, değerlendirme süreçleri büyük ölçüde uzman yargısına dayalı kalmış; standartlaştırılmış ve araştırmacıların ortak bir sonuca varabileceği nesnel bir değerlendirme aracı ihtiyacı hissedilmiştir. Alanyazındaki bu boşluğu doldurmaya yönelik olarak Çelik (2024, s. 523-529), senaryo projelerinin analizi için literatür taramasına dayalı bir senaryo değerlendirme formu önermiştir. Bu form; tür, ton, tema, öncül soru, logline, çatışma, olay örgüsü, yapı, karakter, diyalog ve biçimsel özellikler gibi senaryo öğelerini kapsayan 5'li Likert ölçeği ve ikili değerlendirme (var/yok) ile yapılandırılmış bir araçtır. Bu çalışmada, söz konusu formun senaryo öğelerine ilişkin ölçütleri 1 (kriteri karşılıyor), 0,5 (kriteri kısmen karşılıyor) veya 0 (kriteri karşılamıyor) puan yapısına uyarlanarak büyük dil modellerinin senaryo üretim performansları analiz edilmiştir.

1. METODOLOJİ

1.1. Araştırma Sorusu

Çalışmanın temel araştırma sorusu “*Prompt mühendisliği stratejileri, büyük dil modellerinin senaryo yazım sürecindeki performansını nasıl etkiler?*” olarak belirlenmiştir. Bu temel araştırma sorusu detaylı bir incelemeyi mümkün kılmak adına üç alt araştırma sorusuna bölünmüştür. Çalışmanın temel metodolojisi olan karşılaştırmalı değerlendirme (*benchmarking*) matrisindeki üç ana değişkeni (kullanılan model, uygulanan strateji ve hedeflenen görev) bilimsel bir temelde test etmek üzere kurgulanan sorular aşağıdaki gibidir:

AS1: Farklı prompt mühendisliği stratejilerinin kullanılması, senaryo yazım sürecindeki çıktı performansını ne kadar etkiler?

ASA2: Hangi dil modellerinin kullanımı, senaryo yazımı süreci için daha uygundur?

AS3: Senaryo yazım süreçlerinin hangi aşamalarında büyük dil modellerinin kullanılması, daha yüksek performans gösterir?

1.2. Araştırma Deseni

Bu soruları cevaplayabilmek adına çalışmada 3 değişkenli bir karşılaştırma yapısı kurulmuştur. Kurulan deney setinin değişkenleri büyük dil modelleri M , prompt stratejileri S ve senaryo yazım görevleri T kümesi ile temsil edilmiştir.

$M = \{M_1, M_2, M_3\}$ (Büyük Dil Modelleri)

$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ (Prompt Mühendisliği Stratejileri)

$T = \{T_1, T_2, T_3\}$ (Senaryo Yazım Görevleri)

Bu kapsamda toplam deney koşulu sayısı 36'dır. Her deney koşulu C kümesi ile temsil edilecek bir model, bir prompt stratejisi ve bir görev birleşiminden oluşmaktadır. Her koşuldan elde edilen çıktı, ilgili görev türüne göre soru başına 1 (kriteri karşılıyor), 0,5 (kriteri kısmen karşılıyor) veya 0 (kriteri karşılamıyor) puan olmak üzere toplam 10 soruluk bir değerlendirmeye tabi tutulmaktadır. Araştırma deseni varyasyonel çıktıları üretmek ve bu çıktıları karşılaştırmalı değerlendirme metoduna tabi tutmak üzere tasarlanmıştır. Benchmarking olarak da bilinen karşılaştırmalı değerlendirme metodu bilgisayar bilimlerinde ve büyük dil modellerinin performansının analiz edilmesinde en yaygın ve verimli metotlardan biridir (Liang vd., 2023). Yapay zekâ ile senaryo yazımına özgü standartlaştırılmış bir değerlendirme ölçeği (*benchmark*) literatürde tespit edilememiştir. Bu sebeple Çelik (2024)'in yapmış olduğu “*Bir Film / Dizi Senaryosu Nasıl Değerlendirilir*” çalışmasından ilham alarak her bir görev için değerlendirme soruları oluşturulmuştur. Gelecek araştırmalar için veri setleri ve tüm süreçte yapılan işlemler detayları ile açık erişime sunulmuştur (Hatipoğlu, 2026). Söz konusu veri seti; modellerin ürettiği ham senaryo metinlerini içeren *Model Çıktıları*, bu çıktıların ölçütlere göre puanlandığı *İlk Tur Değerlendirme* ve güvenilirlik analizi kapsamında iki hafta sonra yapılan *İkinci Tur Değerlendirme* dosyalarından oluşmaktadır.

1.3. Çalışma Kapsamında Seçilen Büyük Dil Modelleri

Araştırmaya konu edilmek üzere M grubu bağımsız değişkenler olan Büyük Dil Modelleri aşağıda listelenmiştir.

Tablo 1. Çalışma Kapsamında Seçilen Büyük Dil Modelleri

Büyük Dil Modelleri	Text Arena Score
Claude Opus 4.6 (Anthropic)	1503
Gemini 3.1 Pro (Google)	1486
ChatGPT 5.5 (OpenAI)	1481

LMSYS Org. (t.y.) tarafından sunulan Text Arena Score puanlaması göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma 2026 yılının haziran ayı içerisinde yürütülmüştür. Seçilen modeller, en büyük üç yapay zekâ firmasının çalışmanın yürütüldüğü dönemde erişilebilir en güçlü modelleridir (Anthropic, 2026; Google DeepMind, 2026; OpenAI, 2026). Bu seçimde üç temel kriter belirleyici olmuştur: (1) Modellerin yaratıcı metin üretimi kapasitesine sahip olması, (2) Türkçe dil desteği sunması ve (3) araştırma süresince erişilebilir ve kararlı (*stable*) bir API/arayüz sağlaması. Şirketlerin modelleri kendi yöntem, bilgi ve tecrübeleri ile geliştirdiği göz önünde bulundurulduğunda modellerin çıktılarının farklı olması da öngörülebilir bir durumdur. Bu durumun sebep olabileceği yanılsamaları engellemek amacıyla üç farklı model üzerinde çalışılmıştır.

1.4. Çalışma Kapsamında Seçilen Prompt Mühendisliği Stratejileri

S grubu bağımsız değişkenler olan prompt mühendisliği metotları açıklamaları ile aşağıda listelenmiştir.

Tablo 2. Çalışma Kapsamında Seçilen Prompt Mühendisliği Stratejileri

Strateji	Açıklama
Zero-shot Prompting	Herhangi bir örnek verilmeksizin doğrudan talimat verilir. (Brown vd., 2020).
Few-shot Prompting	Referans olabilecek senaryo örnekleriyle desteklenen bir talimat yöntemidir. (Brown vd., 2020).
Chain-of-Thought (CoT)	Zincirleme olacak şekilde adım adım düşünme sürecini tetikleyen talimatlar verilir. (Wei vd., 2022).
Role Prompting	Modele belirli bir uzman kimliği atanması (ör. "Deneyimli bir senarist olarak...") (Shanahan vd., 2023).

Bu stratejiler, ilgili literatürde sıklıkla ele alınan temel prompt mühendisliği yaklaşımlarıdır (Liu vd., 2023).

1.5. Çalışma Kapsamında Seçilen Senaryo Yazım Görevleri

Senaryo yazım sürecindeki kilit iş adımları ve endüstriyel iş akışları göz önünde bulundurularak aşağıdaki üç görev seçilmiştir (Field, 2005; McKee, 1997). Çalışmada *T* grubu, Görev Koşulları olarak tanımlanacaktır.

Tablo 3. Çalışma Kapsamında Seçilen Senaryo Yazım Görevleri

Görev	Tanım
Logline / Konsept Üretimi	Hikâyenin ana karakterini, amacını ve önündeki engeli ortaya koyan, temel çatışmayı bir ya da iki cümleyle özetleyen hikâye cümlesi oluşturma çalışmasıdır.
Karakter Geliştirme	Hikâyenin merkezinde yer alan ana karakterin adı, yaşı, mesleği, geçmişi, motivasyonu, iç ve dış çatışmaları ile hikâye boyunca geçireceği dönüşümü kapsayan profil oluşturma çalışmasıdır.
Sahne Yazımı	Belirli bir dramatik durumun senaryo formatında (slugline, aksiyon satırları, diyalog blokları) yazılarak somut bir sahneye dönüştürülmesi çalışmasıdır.

1.6. Değerlendirme Ölçütleri

Yapay zekâ tarafından üretilen görev çıktı metinleri araştırmacı tarafından aşağıdaki değerlendirme ölçütlerine tabi tutularak puanlanacaktır. Her bir değerlendirme ölçütü için 1 (kriteri karşılıyor), 0,5 (kriteri kısmen karşılıyor) veya 0 (kriteri karşılamıyor) puan verilecektir. Tasarlanan ölçek ve kriterler Çelik (2024)'in çalışmasından ilham alınarak oluşturulmuştur. Öznel ölçütler en aza indirgenmeye çalışılmış ve odak nesnel ölçütlere kaydırılmıştır. Bu durum, değerlendirmeyi araştırmacının yorumuna daha az bağımlı hale getirmiştir.

1.6.1. Logline Görevi Değerlendirme Kriterleri

1. Logline tek bir cümleden (veya en fazla iki cümleden) oluşuyor mu?
2. Metinde bir ana karakter tanımlanmış mı?
3. Karakterin ulaşmak istediği bir hedef/amaç belirtilmiş mi?
4. Hedefe karşı duran bir engel veya rakip yer alıyor mu?
5. Karakter, hedef ve engelin birleşiminden bir çatışma doğuyor mu?
6. Logline'dan hikâyenin tonu ve türü sezinlenebiliyor mu?
7. Logline merak uyandırıyor mu?
8. Logline meta-açıklama içermiyor mu?
9. Logline Türkçe dilbilgisi kurallarına uygun mu?

10. Logline özgün bir konsept sunuyor mu?

1.6.2. Karakter Görevi Değerlendirme Kriterleri

1. Karakterin adı belirtilmiş mi?
2. Karakterin yaşı belirtilmiş mi?
3. Karakterin mesleği veya toplumsal konumu tanımlanmış mı?
4. Geçmiş hikâye (*backstory*) yazılmış mı?
5. Karakterin açık bir hedefi/motivasyonu var mı?
6. En az bir zayıflık/kusur (*flaw*) belirtilmiş mi?
7. İç çatışma tanımlanmış mı?
8. Dış çatışma/engel belirtilmiş mi?
9. Hikâye boyunca geçireceği dönüşüm belirtilmiş mi?
10. Çıktı 150 kelime sınırına uyuyor mu?

1.6.3. Sahne Görevi Değerlendirme Kriterleri

1. Sahne başlığı (*slugline*) doğru formatta mı?
2. Metinde teknik sinematografi terimleri yok mu?
3. Sahnenin nerede ve ne zaman geçtiği ilk satırdan anlaşılıyor mu?
4. Sahnede en az bir diyalog bloğu var mı?
5. Karakterler arası sözcük seçiminde farklılaşma var mı?
6. Aksiyon satırlarında en az bir fiziksel davranış/jest tasviri var mı?
7. En az bir replikte *subtext* (alt metin) var mı?
8. Sahnede bir çatışma veya gerilim unsuru var mı?
9. Sahnenin sonundaki durum başlangıçtan farklı mı?
10. Aksiyon satırları şimdiki zamanda yazılmış mı?
- 11.

1.7. Deney Prosedürü

Yapılan inceleme beş aşamalı bir deney prosedürü ile tasarlanmıştır. İlk aşamada modellere verilmek üzere girdilerin yani prompt şablonlarının tasarımı yapılmıştır. Her bir görevde istenilen çıktı belirlenmiş, ardından her bir strateji için standart şablonlar oluşturulmuştur. Zero-Shot stratejisinin görevleri için doğrudan talimatlar verilmiştir, Few-Shot stratejisi için referans örnekler eklenmiştir, CoT stratejisi için adım adım düşünme talimatları eklenmiştir, Role Prompting için ise modele uzman kimliği atanmıştır.

İkinci aşamada değişkenler modellerden istenilen çıktı uzunluğunun denetimsiz biçimde büyümesini engellemek için Logline görevleri için birkaç cümle kısıtı, karakter oluşturma görevleri için 150 kelime sınırı, sahne yazımı için ise 250 kelime sınırı konulmuştur. Çıktıların düz metin formatında olması sağlanmıştır. Açıklama, başlık ve gereksiz içeriklerin oluşturulması engellenmiştir.

Üçüncü aşamada 36 deney koşulunun her biri için ilgili modele belirlenen prompt stratejisi uygulanarak ilgili görev verilmiştir. Tüm çıktılar Haziran 2026 içerisinde modellerin arayüz altyapılarından, varsayılan ayarlar ile elde edilmiş ve ham metin olarak kayıt altına alınmıştır.

Dördüncü aşamada elde edilen 36 çıktı ilgili görev türüne ait 10 soruluk değerlendirmeye tabi tutulmuş ve her bir kriter için 1 (kriteri sağlıyor), 0,5 (kriteri kısmen sağlıyor) veya 0 (kriteri sağlamıyor) puanı verilmiştir. Değerlendirme sürecinde çıktıların hangi modelden, hangi girdi sağlanarak ve hangi strateji kullanılarak elde edildiği bilinmeden (kör değerlendirme) ve çıktılar rasgele sıralanarak çalışılmıştır. Ayrıca tüm kümelerden

raslantısal olarak seçilen örneklem iki haftalık periyodun ardından tekrar değerlendirilerek Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) elde edilmiştir.

Beşinci ve son aşamada ise her koşulun puanı hesaplandıktan sonra veriler; Strateji bazında (AAS1'i yanıtlamak üzere), Model bazında (AAS2'yi yanıtlamak üzere), Görev bazında (AAS3'ü yanıtlamak üzere) gruplanarak çeşitli varyasyonlarda karşılaştırmalı analizler yapılmıştır.

1.8. Sınırlılıklar

Modellerin eğitim verileri kamuya açık biçimde yayınlanmadığı için üretilen metnin kaynağı ve detayları tespit edilememektedir. Çalışma Türkçe senaryo üretimini kapsamaktadır. Modellerin farklı dillerde farklı çıktılar ve performanslar göstermesi öngörülmektedir.

ICC ve 1, 0,5, 0 puan seçeneklerinden oluşan değerlendirme sistemi ile değerlendirmenin geçerliliğini güçlendirmek için çalışmalar yapılmıştır. Kodlama gibi alanlarda bulunan SWE-bench (Jimenez vd., 2024) gibi çalışmaların senaryo yazımında bulunmaması ve çok uzmanlı bir analiz çalışmasının maliyetleri sebebiyle araştırmacının karşılaştırması yoluna başvurulmuştur.

Büyük Dil Modellerinin raslantısal doğası sebebiyle modeller her denemede farklı sonuçlar üretmektedir. Çalışma modelin ilk denemesini baz almaktadır. Büyük dil modeli kullanıcılarının birden fazla stratejiyi bir arada kullanımı pratikte yaygındır. Ancak çalışmada her stratejinin ayrı kullanım durumunu daha net analiz etmek amacıyla tekil kullanım yapılmıştır. Kombinasyonların etkilerini incelemek gelecek çalışmalara bırakılmıştır.

2. UYGULAMA ve BULGULAR

2.1. Görev Türlerine Göre Değerlendirme Sonuçları

36 farklı deney koşulunun her biri, ilgili görev değerlendirme formu doğrultusunda 1, 0,5 ve 0 puan seçenekleri kullanılarak değerlendirilmiş; elde edilen sonuçlar aşağıdaki puan tablolarında sunulmuştur.

Tablo 4. Logline Üretimi Görevleri

Büyük Dil Modelleri			Zero-Shot	Few-Shot	Chain-of-Thought (CoT)	Role Prompting
Claude Opus (Anthropic)	4.6	8,0	7,0	9,5	8,0	
Gemini 3.1 Pro (Google)		8,0	9,5	9,0	9,0	
ChatGPT 5.5 (OpenAI)		9,5	8,5	9,5	9,0	

Logline üretimi görevinde en yüksek değer olan 9,5 puana dört koşulda ulaşıldı: Claude Opus 4.6'nın Chain-of-Thought, Gemini 3.1 Pro'nun Few-Shot ve ChatGPT 5.5'in hem Zero-Shot hem Chain-of-Thought koşulları. Bu dağılım, logline üretiminde hiçbir prompt stratejisinin tüm modellerde tek başına öne çıkmadığını; belirleyici olanın model ile strateji arasındaki uyum olduğunu göstermektedir. Claude Opus 4.6'da CoT stratejisi dramatik bileşenleri daha bütünlüklü kurarken, aynı modelin Few-Shot koşulunda 7,0 puana inmesi dikkat çekicidir; örnek temelli yönlendirme bu modelde kısıtlayıcı bir etki üretmiş görünmektedir. Gemini 3.1 Pro'da ise Few-Shot koşulunun 9,5 puana çıkması, örneklerin bu modelde biçimsel ve dramatik açıdan destekleyici işlediğine işaret eder. ChatGPT 5.5 hem Zero-Shot hem CoT koşulunda 9,5 puan alarak logline görevinde dengeli bir tablo ortaya koymuştur.

Tablo 5. Karakter Üretimi Görevleri

Büyük Dil Modelleri			Zero-Shot	Few-Shot	Chain-of-Thought (CoT)	Role Prompting
Claude Opus 4.6 (Anthropic)			9,0	9,5	9,0	9,0
Gemini 3.1 Pro (Google)			8,5	9,0	9,0	9,0
ChatGPT 5.5 (OpenAI)			8,5	9,0	9,0	9,0

Karakter üretimi görevinde puanlar 8,5 ile 9,5 arasında dar bir bantta toplandı; bu da görevin tüm modellerce görece istikrarlı biçimde karşılandığını göstermektedir. En yüksek değer, Claude Opus 4.6'nın Few-Shot koşulundaki 9,5 puandır ve model bu görevde genel toplamda öne çıkmaktadır. Gemini 3.1 Pro ile ChatGPT 5.5'te Zero-Shot koşulu 8,5 puanda kalırken diğer stratejiler 9,0 puanlık dengeli bir sonuç verdi. Karakter adı, yaş, meslek, geçmiş, motivasyon, iç çatışma, dış engel ve dönüşüm gibi açıkça yapılandırılmış bileşenler içeren görevlerde modeller yüksek performans göstermektedir; ancak örnek temelli yönlendirme veya adım adım yapılandırma, bazı modellerde ayrıntı ve dramatik bağ kurma düzeyini bir miktar artırabilmektedir.

Tablo 6. Sahne Üretimi Görevleri

Büyük Dil Modelleri			Zero-Shot	Few-Shot	Chain-of-Thought (CoT)	Role Prompting
Claude Opus 4.6 (Anthropic)			9,5	9,0	8,5	9,5
Gemini 3.1 Pro (Google)			7,5	8,5	8,0	8,0
ChatGPT 5.5 (OpenAI)			9,5	9,5	9,5	9,5

Sahne üretimi görevinde modeller arasındaki fark belirgin biçimde açılmaktadır. ChatGPT 5.5 dört prompt stratejisinin tamamında 9,5 puan alarak bu görevde en tutarlı sonucu verdi. Claude Opus 4.6 Zero-Shot ve Role Prompting koşullarında 9,5 puana ulaştı; ancak CoT koşulunda 8,5 puana geriledi; bu da adım adım yapılandırmanın bu modelde sahne akışını kısmen sınırlayabildiğine işaret etmektedir. Gemini 3.1 Pro ise diğer modellere kıyasla daha düşük ve dalgalı bir tablo çizdi. Zero-Shot koşulunda 7,5 puanla tablonun en düşük değeri görülürken Few-Shot stratejisi performansı 8,5 puana taşıdı. Hem biçimsel senaryo kurallarına hem de dramatik alt metin, karakter etkileşimi ve aksiyon sürekliliğine dayanan sahne yazımında model farkları, logline ve karakter görevlerine göre çok daha görünür hâle gelmektedir.

2.1.1. Logline Üretimi Bulguları

En Yüksek Performans: En yüksek skor olan 9,5 puan dört koşulda elde edildi: Claude Opus 4.6'nın Chain-of-Thought, Gemini 3.1 Pro'nun Few-Shot ve ChatGPT 5.5'in Zero-Shot ile Chain-of-Thought koşulları. Bu dağılım, logline yazımında tek bir stratejinin tüm modellerde üstünlük sağlamadığını; model ile prompt stratejisi arasındaki etkileşimin belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

En Düşük Performans: En düşük değer, Few-Shot koşulunda 7,0 puana gerileyen Claude Opus 4.6'da görüldü. Bu sonuç, örnek temelli yönlendirmenin her modelde aynı biçimde işlemediğine; modelin kimi durumda verilen örneklerin biçimsel veya tematik sınırlarına fazla bağlanabildiğine işaret etmektedir.

Güçlü Yönler: CoT stratejisi, Claude Opus 4.6 ve ChatGPT 5.5'te dramatik bileşenlerin daha sistematik kurulmasına katkı sağladı. ChatGPT 5.5'in Zero-Shot koşulunda da 9,5 puana ulaşması, bazı modellerde doğrudan ve açık talimatın logline gibi yoğunlaştırılmış görevler için yeterli olabildiğini düşündürmektedir. Gemini 3.1 Pro'nun Few-Shot koşulundaki 9,5 puanı ise örneklerin bu modelde hedef, engel ve çatışma kurgusunu desteklediğine işaret etmektedir.

Zayıf Yönler: En belirgin zayıflık, Few-Shot stratejisinin modelden modele yüksek değişkenlik göstermesidir. Claude Opus 4.6'da 7,0 puana düşen bu koşul, örnek temelli yönlendirmenin kimi zaman özgün hedef-engel kurulumunu zayıflatılabildiğini ortaya koymaktadır. Aynı stratejinin Gemini 3.1 Pro'da 9,5 puana çıkması ise Few-Shot etkisinin model mimarisi ve çıktı üretim eğilimleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir.

2.1.2. Karakter Üretimi Bulguları

En Yüksek Performans: En yüksek skor, Few-Shot stratejisinde 9,5 puana ulaşan Claude Opus 4.6'ya aittir. Bu sonuç, örnek temelli yönlendirmenin bu modelde karakter profili bileşenlerini daha bütünlüklü ve ayrıntılı düzenlediğine işaret etmektedir.

En Düşük Performans: En düşük değerler, Zero-Shot koşulunda 8,5 puan alan Gemini 3.1 Pro ve ChatGPT 5.5'te görüldü. Yine de bu puanlar, karakter görevinin genel olarak yüksek ve istikrarlı bir performans alanı olduğunu doğrulamaktadır.

Güçlü Yönler: Karakter üretimi, test edilen tüm model ve stratejilerin 8,5 ile 9,5 arasında kalmasıyla en istikrarlı sonuçların alındığı gözlemlenmiştir. İsim, yaş, meslek, geçmiş, motivasyon, iç çatışma, dış engel ve dönüşüm gibi net sınırlı yapılandırılmış veri talepleri, dil modellerinin işlem kapasitesiyle yüksek uyum gösteriyor. Özellikle Claude Opus 4.6'nın Few-Shot koşulundaki 9,5 puanı, örnek temelli yönlendirmenin karakter bileşenlerini bütünlüklü düzenlemede etkili olabildiğini ortaya koyuyor.

Zayıf Yönler: Zero-Shot yaklaşımı, özellikle Gemini 3.1 Pro ve ChatGPT 5.5'te 8,5 puanda kaldı. Bu yaklaşım temel karakter iskeletini kurmakta yeterli olsa da dramatik derinlik, özgül dış engel ve dönüşümün eylemsel karşılığı gibi alt ölçütlerde sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle karakter görevlerinde doğrudan talimatın üzerine örnek, rol veya adım temelli yapılandırma eklenmesi, çıktıların ayrıntı düzeyini güçlendirebilmektedir.

2.1.3. Sahne Üretimi Bulguları

En Yüksek Performans: ChatGPT 5.5, uygulanan dört prompt stratejisinin tamamında 9,5 puan alarak sahne üretiminde en yüksek ve en tutarlı sonucu verdi. Claude Opus 4.6 ise Zero-Shot ve Role Prompting koşullarında 9,5 puana ulaşarak sahne kurgusunda güçlü bir başarı gösterdi.

En Düşük Performans: En düşük değer, Gemini 3.1 Pro'nun Zero-Shot koşulundaki 7,5 puandır. Bu sonuç, ek bağlam ve örneklendirme olmadan sahne formatı, alt metin, dramatik gerilim ve durum değişimi gibi çoklu ölçütün aynı anda karşılanmasında modelin zorlanabildiğini göstermektedir.

Güçlü Yönler: Sahne yazımının gerektirdiği biçimsel senaryo formatı, mekân-zaman kurgusu, fiziksel aksiyon, diyalog blokları ve dramatik durum değişimi, ChatGPT 5.5 tarafından tüm stratejilerde dengeli biçimde karşılandı. Claude Opus 4.6'nın Zero-Shot ve Role Prompting koşullarındaki yüksek performansı ise bu modelin doğrudan talimatla veya uzman rolü atandığında sahne biçimine ve dramatik akış kurallarına güçlü uyum sağlayabildiğini göstermektedir.

Zayıf Yönler: Gemini 3.1 Pro'nun Zero-Shot koşulunda 7,5 puana düşmesi, bu modelin ek yönlendirme olmadan sahne yazımının biçimsel ve dramatik gerekliliklerini aynı anda taşımakta zorlanabildiğine işaret etmektedir. Claude Opus 4.6'nın CoT koşulunda 8,5 puana gerilemesi de önemli bir bulgudur: akışkanlık, doğal diyalog ve dramatik sezgi gerektiren sahne yazımında aşırı yapılandırılmış adım adım yönlendirme, bazı modellerde metnin spontanlığını ve alt metin yoğunluğunu azaltabiliyor.

2.1.4. Görev Türlerine İlişkin Genel Değerlendirme

İncelenen üç farklı görev türü bütüncül bir yaklaşımla ele alındığında şu temel akademik bulgulara ulaşılmıştır:

Görevin Yapısal Zorluğu ve Model Ayrışması: Senaryo görevinin katmanları ve karmaşıklığı arttıkça dil modelleri arasındaki fark belirginleşmektedir. Karakter profilinde modeller ve stratejiler 8,5-9,5 aralığında

yoğunlaşırken, sahne üretiminde en düşük değer 7,5'e inmiş ve model-strateji ayrışması daha görünür hâle gelmiştir.

Stratejik Esneklik İhtiyacı: Tüm senaryo aşamaları için geçerli tek bir ideal istem stratejisi bulunmamaktadır. Veriler; logline yazımında modelden modele değişen bir strateji etkisi bulunduğunu, karakter yaratımında örnek temelli veya yapılandırılmış yönlendirmelerin çıktıyı güçlendirdiğini, sahne akışında ise ChatGPT 5.5'in tüm stratejilerde yüksek istikrar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Model-Strateji Etkileşiminin Belirleyiciliği: Aynı yöntemin farklı modellerde farklı sonuçlar doğurabildiği görülmüştür. Few-Shot stratejisinin logline görevinde Gemini 3.1 Pro'yu 9,5 puana taşıırken, Claude Opus 4.6'da 7,0 puana neden olması bu durumun en açık örneklerinden biridir. Benzer biçimde CoT stratejisi logline görevinde güçlü sonuçlar üretirken, Claude Opus 4.6'nın sahne üretiminde 8,5 puana gerilemesine yol açmıştır.

Genel Tutarlılık: Tüm görev türleri ve koşullar birlikte ele alındığında ChatGPT 5.5, sahne üretiminde tüm stratejilerde 9,5 puana ulaşması ve logline görevindeki iki yüksek skoruyla en dengeli tabloyu ortaya koydu. Claude Opus 4.6 karakter ve sahne görevlerinde yüksek başarı gösterdi; ancak logline Few-Shot ve sahne CoT koşullarındaki düşüşler model-strateji uyumunun önemini gösterdi. Gemini 3.1 Pro ise logline ve karakter görevlerinde güçlü sonuçlar verdi, sahne yazımında diğer modellere kıyasla daha dalgalı kaldı.

2.2. Büyük Dil Modellerine Göre Değerlendirme Sonuçları

Tablo 7. Model Bazında Performans

Büyük Dil Modelleri	Toplam Puan (/ 120)	Ortalama (görev başı / 10)
ChatGPT 5.5 (OpenAI)	110,5	9,21
Claude Opus 4.6 (Anthropic)	105,5	8,79
Gemini 3.1 Pro (Google)	102,5	8,54

Tablo 7, üç modelin tüm görev türleri ve prompt stratejileri boyunca elde ettiği toplam puanları ve görev başına ortalamaları özetlemektedir. Aşağıda bu değerler model davranışları açısından ele alınmaktadır.

ChatGPT 5.5 (OpenAI): Bir OpenAI modeli olan ChatGPT 5.5, 110,5 toplam puan ve 9,21 ortalama ile çalışmadaki en yüksek genel sonucu verdi. Modelin sahne üretiminde tüm prompt stratejilerinde 9,5 puana ulaşması; dramatik durum kurma, senaryo formatını sürdürme, diyalog ve aksiyon satırlarını dengeli kullanma konularında yüksek tutarlılık gösterdiğine işaret etmektedir. Logline ve karakter görevlerinde de yüksek puan aralığını koruması, modelin senaryo yazımının farklı aşamalarında dengeli ve güvenilir bir üretim kapasitesi sunduğunu ortaya koymaktadır.

Claude Opus 4.6 (Anthropic): Claude Opus 4.6, 105,5 toplam puan ve 8,79 ortalama ile ikinci sırada yer almıştır. Model, karakter üretimi görevinde en yüksek değerlerden birini üretmiş ve sahne yazımında Zero-Shot ile Role Prompting koşullarında 9,5 puana ulaşmıştır. Bununla birlikte logline üretiminde Few-Shot koşulunda 7,0 puana düşmesi ve sahne üretiminde CoT koşulunda 8,5 puanda kalması, bu modelin bazı strateji türlerinde performans dalgalanması gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Claude Opus 4.6'nın özellikle doğrudan talimat ve rol atama stratejilerinde güçlü, ancak örnek temelli ya da aşırı yapılandırılmış yönlendirmelerde görev türüne bağlı olarak değişken performans sergileyebildiği söylenebilir.

Gemini 3.1 Pro (Google): Gemini 3.1 Pro, 102,5 toplam puan ve 8,54 ortalama ile üçüncü sırada yer almıştır. Model, logline üretiminde Few-Shot koşulunda 9,5 puana ulaşarak örnek temelli yönlendirmenin bu model için güçlü bir destek sağlayabildiğini göstermiştir. Karakter üretimi görevinde de tüm stratejilerde 8,5-9,0 aralığında görece dengeli bir performans sergilemiştir. Buna karşılık sahne üretimi görevinde özellikle Zero-Shot koşulunda

7,5 puana gerilemesi, sahne formatı, alt metin, dramatik gerilim ve durum değişimi gibi çoklu gereklilikleri aynı anda karşılamada ek yönlendirmeye daha fazla ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Genel Model Bazlı Değerlendirme: Model bazlı sonuçlar, ChatGPT 5.5'in en dengeli ve yüksek performanslı model olduğunu; Claude Opus 4.6'nın güçlü ancak stratejiye duyarlı bir profil sergilediğini; Gemini 3.1 Pro'nun ise özellikle logline ve karakter görevlerinde başarılı olmakla birlikte sahne yazımı görevinde daha belirgin dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, senaryo yazımı gibi çok aşamalı yaratıcı üretim süreçlerinde yalnızca model seçiminin değil, modelle birlikte kullanılacak prompt stratejisinin de çıktı kalitesini belirleyen temel değişkenlerden biri olduğunu göstermektedir.

2.3. Prompt Stratejilerine Göre Performans Analizi

Tablo 8. Prompt Stratejisi Bazında Performans

Prompt Stratejisi	Toplam Puan (/ 90)	Ortalama (koşul başı / 10)
Chain-of-Thought (CoT)	108,0	9,00
Role Prompting	107,0	8,92
Few-Shot	106,0	8,83
Zero-Shot	105,5	8,79

Tablo 8'de, uygulanan dört prompt mühendisliği stratejisinin tüm model ve görev türleri üzerinden elde ettiği toplam puanlar ve koşul başına ortalamalar, toplam puana göre sıralı biçimde sunulmaktadır. Aşağıdaki paragraflarda stratejilerin görev ve model türlerine göre nasıl farklılaştığı ele alınmaktadır.

Tablo 8'e göre Chain-of-Thought stratejisi 108,0 toplam puan ve 9,00 ortalama ile en yüksek strateji bazlı performansı üretmiştir. Role Prompting 107,0 toplam puan ve 8,92 ortalama ile ikinci sırada yer alırken, Few-Shot 106,0 toplam puan ve 8,83 ortalama, Zero-Shot ise 105,5 toplam puan ve 8,79 ortalama üretmiştir. Bu dağılım, stratejiler arasında temelde büyük bir fark bulunmadığını; ancak CoT ve Role Prompting yaklaşımlarının genel toplamda görece daha güçlü sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Few-Shot stratejisi, özellikle logline ve karakter üretiminde bazı modeller için destekleyici sonuçlar üretmiştir. Bununla birlikte Claude Opus 4.6'nın logline görevinde Few-Shot koşulunda 7,0 puana gerilemesi, örnek temelli yönlendirmenin her modelde aynı şekilde çalışmadığını göstermektedir. Bu nedenle Few-Shot stratejisi, örneklerin model tarafından dar bir biçimsel kalıp olarak yorumlanması durumunda üretkenliği sınırlayabilmektedir.

Chain-of-Thought stratejisi, genel ortalama bakımından en yüksek değeri üretmiştir. Özellikle logline görevinde dramatik bileşenlerin sistematik biçimde kurulmasına katkı sağlamıştır. Bununla birlikte aynı stratejinin sahne üretiminde Claude Opus 4.6 özelinde 8,5 puana gerilemesi, yaratıcı yazımın akışkanlık gerektiren aşamalarında aşırı yapılandırılmış yönlendirmenin kimi zaman metnin doğal ritmini zayıflatabileceğini düşündürmektedir.

Role Prompting stratejisi ise özellikle sahne yazımı gibi uzmanlık dili ve biçimsel kurallar gerektiren görevlerde dengeli sonuçlar üretmiştir. Modele uzman kimliği atanması, bazı çıktılarda dramatik yapı, biçimsel tutarlılık ve anlatı ekonomisi açısından olumlu etki yaratmıştır. Buna karşılık Zero-Shot stratejisi, bazı koşullarda yüksek puanlar üretse de özellikle sahne yazımı gibi çok katmanlı görevlerde daha değişken sonuçlar vermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, prompt stratejilerinin etkisi tek başına değil, modelin üretim eğilimi ve görevin yapısal gereklilikleriyle birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle senaryo yazım süreçlerinde tek bir evrensel prompt stratejisinden söz etmek yerine, görev türüne ve kullanılacak modele göre değişen esnek bir prompt tasarım yaklaşımı benimsenmelidir.

2.4. Nicel Eğilimler ve Performans Değişkenliği Analizi

Bu bölümde elde edilen puanlar tanımlayıcı düzeyde nicel karşılaştırma amacıyla değerlendirilmiş; ileri düzey istatistiksel anlamlılık testi uygulanmamıştır.

Tanımlayıcı istatistikler, her bir görev türü için 3 model x 4 prompt stratejisi olmak üzere 12 koşul üzerinden; model bazlı analizlerde ise her model için 4 strateji x 3 görev olmak üzere 12 koşul üzerinden hesaplanmıştır. Bu kapsamda ortalama puanların yanında minimum-maksimum değerleri, puan aralığı ve standart sapma değerleri de dikkate alınmıştır. Standart sapma değerleri, puanların ortalama etrafındaki yayılımını göstermek ve hangi görev/model/strateji koşullarında performansın daha istikrarlı ya da değişken olduğunu ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 9. Görev Türlerine Göre Tanımlayıcı İstatistikler

Görev Türü	n	Ortalama	Min.	Maks.	Aralık	SS
Logline Üretimi	12	8,79	7,0	9,5	2,5	0,78
Karakter Üretimi	12	8,96	8,5	9,5	1,0	0,29
Sahne Üretimi	12	8,96	7,5	9,5	2,0	0,74

Tablo 9’da görüldüğü üzere, karakter üretimi görevi en düşük standart sapmaya sahip görev türüdür (SS=0,29). Bu durum, karakter profili üretiminin model ve strateji farklarından görece daha az etkilendiğini ve daha istikrarlı bir çıktı alanı oluşturduğunu göstermektedir. Buna karşılık logline üretimi (SS=0,78) ve sahne üretimi (SS=0,74) daha yüksek değişkenlik göstermiştir. Logline görevinde bu değişkenliğin temel nedeni Claude Opus 4.6’nın Few-Shot koşulunda 7,0 puana gerilemesi; sahne görevinde ise Gemini 3.1 Pro’nun 7,5-8,5 bandında kalmasıdır. Bu sonuçlar, ortalamaları birbirine yakın görünse de görev türlerinin performans istikrarı bakımından farklılaştığını ortaya koymaktadır.

İnceleme içerisinde elde edilen bulgular yalnızca tekil skorlar üzerinden değil, genel eğilimler ve puan dağılımları üzerinden de değerlendirilmiştir. Görev türleri arasındaki ortalama puanlar incelendiğinde logline üretimi 8,79; karakter üretimi 8,96; sahne üretimi ise 8,96 ortalama puan üretmiştir. Bu değerler, görev türleri arasında ortalama başarı bakımından büyük bir fark bulunmadığını göstermektedir.

Bununla birlikte ortalamalar tek başına yeterli değildir; performans değişkenliği de dikkate alınmalıdır. Karakter üretimi görevinde puanlar 8,5 ile 9,5 arasında dar bir aralıkta yoğunlaşırken, sahne üretimi görevinde puanlar 7,5 ile 9,5 arasında daha geniş bir dağılım göstermiştir. Bu bulgu, yapılandırılmış karakter profili görevlerinin modeller tarafından daha istikrarlı biçimde karşılandığını; sahne yazımı gibi biçim, diyalog, aksiyon, alt metin ve dramatik değişim gerektiren görevlerde ise model farklarının daha görünür hale geldiğini göstermektedir.

Model bazında değişkenlik incelendiğinde ChatGPT 5.5’in özellikle sahne görevinde tüm stratejilerde 9,5 puan üretmesi, modelin bu görev türünde en istikrarlı profili sunduğunu göstermektedir. Gemini 3.1 Pro’nun sahne üretiminde 7,5 ile 8,5 arasında kalması ise bu modelin aynı görevde daha fazla yönlendirme ihtiyacı duyduğunu göstermektedir. Claude Opus 4.6 ise bazı koşullarda çok yüksek skorlar üretmesine rağmen Few-Shot logline ve CoT sahne koşullarında düşüş yaşayarak stratejiye duyarlı bir performans profili sergilemiştir.

Güvenirlilik Analizi: Değerlendirme sürecinin iç tutarlılığını ve tekrar değerlendirilebilirliğini sınamak amacıyla 36 deney koşulunun tamamı iki farklı zamanda yeniden karşılaştırılmıştır. İlk değerlendirme dosyasında toplam puan 318,5/360 iken, bir diğer değerlendirme dosyasında toplam puan 320,5/360 olarak hesaplanmıştır. İki değerlendirme arasındaki toplam fark yalnızca 2,0 puandır. Koşul bazlı toplam puanlar üzerinden yapılan sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplamasında $ICC = 0,954$ bulunmuştur. Bu değer, iki değerlendirme arasında çok yüksek düzeyde uyum olduğunu göstermekte ve puanlama sürecinin zamana bağlı olarak tutarlı biçimde tekrarlandığını ortaya koymaktadır.

Veri Paylaşımı ve Tekrarlanabilirlik: Çalışmanın tekrarlanabilirliğini artırmak amacıyla araştırma sürecinde kullanılan tüm veriler açık erişime sunulmuştur (Hatipoğlu, 2026). Söz konusu veri seti üç dosyadan oluşmaktadır: kullanılan LLM girdilerini ve modellerin ürettiği ham çıktıları içeren *Model Çıktıları* dosyası, bu çıktıların değerlendirme ölçütlerine göre puanlandığı *İlk Tur Değerlendirme* dosyası ve güvenilirlik analizi kapsamında iki haftalık aralıkla yeniden puanlamanın yapıldığı *İkinci Tur Değerlendirme* dosyası. Bu sayede araştırmacılar kullanılan promptları, model çıktıları, değerlendirme matrisini ve tekrar değerlendirme verilerini doğrudan inceleyebilecektir. Bu paylaşım, yaratıcı yazım alanındaki büyük dil modeli çalışmalarında yöntemsel şeffaflık ve yeniden analiz edilebilirlik açısından önemli bir destek unsuru olarak değerlendirilmektedir.

Strateji bazında en yüksek ortalamanın CoT koşulunda elde edilmesi, adım adım yapılandırmanın genel performansı desteklediğini göstermektedir. Ancak bu destek her görev için aynı yönde işlememektedir. Logline üretiminde CoT stratejisi dramatik bileşenleri görünür hale getirirken, sahne yazımı gibi daha doğal akış gerektiren görevlerde bazı modellerde üretim ritmini sınırlayabilmektedir. Dolayısıyla nicel eğilimler, yalnızca ortalama başarıyı değil, aynı zamanda model-strateji-görev etkileşiminin değişkenliğini de ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, görev türünün yapısal karmaşıklığı arttıkça performans dağılımının genişlediği görülmektedir. Bu nedenle senaryo yazımına yönelik LLM değerlendirmelerinde yalnızca ortalama puanlara değil, performansın hangi koşullarda yükseldiğine veya düştüğüne de odaklanılması gerekmektedir.

2.5. Araştırma Sorularına Yönelik Bulgular

Bu çalışma kapsamında belirlenen alt araştırma sorularına, elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki yanıtlar verilmiştir.

AS1: Farklı prompt mühendisliği stratejilerinin kullanılması, senaryo yazım sürecinde çıktı performansını doğrudan etkilemektedir. Ancak bu etki tüm modeller ve görevler için aynı yönde gerçekleşmemektedir. CoT stratejisi genel ortalama bakımından en yüksek sonucu üretirken, Few-Shot stratejisi bazı modellerde güçlü sonuçlar üretmiş, bazı koşullarda ise performansı düşürmüştür. Bu nedenle prompt stratejisinin etkisi model ve görev türüyle birlikte değerlendirilmelidir.

AS2: Model bazlı karşılaştırmalar sonucunda ChatGPT 5.5'in 110,5 toplam puan ve 9,21 ortalama ile en dengeli performansı sergilediği görülmüştür. Claude Opus 4.6 güçlü ancak stratejiye duyarlı bir profil çizerken, Gemini 3.1 Pro özellikle logline ve karakter görevlerinde başarılı olmuş; sahne üretiminde ise daha dalgalı sonuçlar üretmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, çalışma kapsamındaki senaryo yazımı görevleri için en dengeli modelin ChatGPT 5.5 olduğu söylenebilir.

AS3: Senaryo yazım sürecinin farklı aşamalarında model performanslarının değiştiği tespit edilmiştir. Karakter üretimi görevi en istikrarlı sonuçların alındığı alanlardan biri olurken, sahne üretimi görevi model farklarının en belirginleştiği alan olmuştur. Logline üretimi ise özellikle strateji seçimine duyarlı bir görev türü olarak öne çıkmıştır. Bu sonuç, senaryo yazımında görev türüne göre farklı model ve prompt stratejisi tercihleri yapılması gerektiğini göstermektedir.

Araştırma sorularına verilen bu yanıtlar, büyük dil modellerinin senaryo yazım sürecinde tek başına homojen bir performans göstermediğini; model, prompt stratejisi ve görev türü etkileşiminin çıktı kalitesini belirleyen temel yapı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, izleyen tartışma bölümünde prompt mühendisliğinin yaratıcı yazım süreçlerindeki metodolojik işlevi, model seçimi ve görev türüne göre değişen üretim kalitesi bağlamında değerlendirilecektir.

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmanın ortaya çıkardığı en belirgin tablo, büyük dil modellerinin senaryo yazımında tek bir kalıba sığmadığıdır. Modellerin görev başına ortalamaları 8,54 ile 9,21 arasında seyretse de bu yakın değerlerin altında,

modelden modele ve görevden göreve değişen bir dalgalanma yatmaktadır. Yani çıktının kalitesini belirleyen şey yalnızca hangi modelin seçildiği değil; o modelin hangi görevde, hangi prompt stratejisiyle çalıştırıldığıdır. Bu üçlü bağ, prompt tasarımının gelişigüzel bir tercih değil, çıktıyı doğrudan biçimlendiren bir karar olduğunu düşündürür. Sclar vd. (2024, s. 1), anlamı değişmeyen biçimsel farklılıkların bile model başarımında 76 puana varan oynamalara yol açabildiğini ve bu duyarlılığın modeller arasında ancak zayıf bir korelasyon gösterdiğini bildirir; bizim verilerimizde de aynı stratejinin farklı modellerde farklı sonuçlar üretmesi, bu saptamayla aynı yöne işaret eder.

Few-Shot stratejisinin Gemini 3.1 Pro'nun logline performansını 9,5'e taşıırken Claude Opus 4.6'da 7,0'a düşürmesi, çalışmanın belki de en şaşırtıcı bulgusudur. Örnek vermek, sezgisel olarak çıktıyı iyileştirmesi beklenen bir yöntemdir; fakat bu durum her koşulda geçerli değildir. Reynolds ve McDonell (2021, s. 1) burada düşündürücü bir noktaya değinir: az sayıda örnek çoğu zaman modele yeni bir şey öğretmez, yalnızca onun zaten bildiği görevi işaret eder ve kimi durumda sıfır-örnekli yönlendirmenin gerisinde kalır. Logline gibi sıkıştırılmış ve özgünlük bekleyen bir görevde örneklerin dar bir kalıba dönüşüp özgün hedef-engel kurgusunu kısıtlaması, tam da bu açıklamayla örtüşür.

Görev karmaşıklaştıkça modeller arasındaki açığın genişlediği de açıkça görüldü. Karakter üretimi; isim, yaş, meslek, geçmiş, motivasyon ve dönüşüm gibi sınırları belli bileşenler istediği için modellerin en rahat karşıladığı, en istikrarlı alan oldu (SS=0,29). Sahne yazımı ise biçim, doğal diyalog, alt metin ve dramatik değişimi aynı anda talep ettiğinden puanların 7,5 ile 9,5 arasına yayıldığı, ayrışmanın en belirgin hâle geldiği görev oldu. Chain-of-Thought yaklaşımının genel ortalamada öne çıkması (9,00), adım adım yapılandırmanın dramatik bileşenleri görünür kılmada işe yaradığını gösterir; nitekim Wu vd. (2025, s. 2) de yaratıcı içerik üretiminde CoT süreçlerinin umut verici olduğunu vurgular. Buna karşılık aynı stratejinin Claude Opus 4.6'nın sahne üretiminde 8,5'e gerilemesine yol açması ilginç bir gerilime işaret eder: akışkanlık ve doğal diyalog isteyen anlarda fazla yapılandırma, metnin kendiliğindenliğini ve alt metnin yoğunluğunu zayıflatabilir.

Bu noktada, otomasyonun yaratıcı yazımın daha sezgisel aşamalarında hâlâ insan elini gerektirdiğini söylemek yanlış olmaz. Chakrabarty vd. (2024, s. 1), büyük dil modellerinin ürettiği öykülerin uzman yazarların öykülerine kıyasla yaratıcılık testlerini üç ila on kat daha az geçtiğini ortaya koymaktadır. Benzer biçimde Ippolito vd. (2022, s. 1), profesyonel yazarlarla yürüttükleri çalışmada bu araçların üslubu ve yazarın sesini korumakta zorlandığını belirtir. Dolayısıyla buradaki yüksek puanlar modellerin biçimsel ve yapısal yeterliliğini gösterse de özgün ses ve derinlik gerektiren aşamalarda insan denetiminin önemini ortadan kaldırmaz.

Çalışmanın literatüre olan bir başka katkısı, öznel kabul edilen senaryo değerlendirmesinin, ölçütler objektif bir puanlama yapısına indirgendiğinde tekrarlanabilir hâle gelebileceğini göstermesidir. İki farklı zamanda yapılan değerlendirmeler arasındaki yüksek uyum (ICC=0,954) bu tutarlılığı destekler. Değerlendirmenin model yerine araştırmacı tarafından yapılması da bilinçli bir tercihtir; çünkü Koo vd. (2024, s. 1), büyük dil modelleri değerlendirici olarak kullanıldığında belirgin bilişsel önyargılar taşıdığını ve insan tercihleriyle düşük düzeyde örtüştüğünü göstermiştir. Çelik (2024)'in senaryo değerlendirme formundan uyarlanan bu ölçek, alanda eksikliği duyulan karşılaştırmalı bir değerlendirme aracına doğru atılmış bir ilk adım sayılabilir.

Üç model, dört strateji ve üç görevden oluşan ve 36 koşul üzerinden yürütülen bu araştırma göstermiştir ki, senaryo yazımında her duruma uyan tek bir model ya da tek bir doğru prompt stratejisi yoktur. Belirleyici olan, model, strateji ve görev arasındaki uyumdur. Model bazında ChatGPT 5.5 (110,5; 9,21) çalışmada en dengeli profili çizmiş, özellikle sahne üretiminde tüm stratejilerde 9,5'e ulaşarak öne çıkmıştır. Claude Opus 4.6 (105,5; 8,79) karakter ve sahne görevlerinde güçlüyken Few-Shot ve aşırı yapılandırılmış yönlendirmelerde stratejiye duyarlı kalmış; Gemini 3.1 Pro (102,5; 8,54) logline ve karakterde başarılı olmakla birlikte sahnede stabil olamayan dalgalı bir tablo sunmuştur.

Daha geniş bir çerçeveden bakıldığında çalışmanın asıl önerisi, belirli bir modeli ya da stratejiyi yüceltmek değil, senaryo yazımını ölçülebilir bir zemine taşıyan tekrarlanabilir ve şeffaf bir değerlendirme çerçevesi sunmaktır. Veri setlerinin açık erişime açılması ve yüksek güvenilirlik düzeyi, bu çerçevenin yalnızca tekil bir karşılaştırma değil, sonraki çalışmalar için yeniden kullanılabilir bir altyapı olmasını amaçlar. Yaratıcılığın yalnızca yeni bir şey üretmek değil, var olan olasılık alanlarını keşfetmek ve dönüştürmek olduğunu hatırlatan Boden (2004, s. 3), bu tür araçların insan yaratıcılığını ikame etmekten çok genişletebileceğine işaret eder; bu çalışma da büyük dil modellerini senaryo yazımında bir rakip değil, denetimli bir ortak olarak konumlandırır.

Bu bulgular ışığında, senaryo yazımında büyük dil modeli kullanan yazar ve yapımcılara tek bir modele ya da stratejiye bağlı kalmamaları önerilebilir. Karakter geliştirme gibi yapılandırılmış görevlerde modeller arası fark küçük olduğundan doğrudan talimat çoğu zaman yeterlidir; ancak sahne yazımı gibi çok katmanlı görevlerde Few-Shot ya da Role Prompting gibi destekleyici stratejiler çıktıyı güçlendirebilir. Genel ve dengeli bir tercih arayanlar için ChatGPT 5.5'in özellikle sahne üretiminde öne çıktığı söylenebilir. Modellerin her denemede farklı sonuç üretebilen doğası ve Zamfirescu-Pereira vd. (2023, s. 1)'nin gösterdiği gibi kullanıcıların promptları çoğu zaman sistematik olmaktan çok deneme-yanılma ile tasarlanması düşünüldüğünde, tek bir çıktıya güvenmek yerine birkaç üretimi karşılaştırmak ve insan denetimini sürecin merkezinde tutmak daha sağlıklıdır. Nitekim Doshi ve Hauser (2024, s. 1), üretken yapay zekânın bireysel yaratıcılığı artırırken üretilen içeriklerin birbirine benzemesine yol açabildiğini göstermiştir; bu da insan müdahalesinin yalnızca kalite için değil, özgünlük ve çeşitlilik için de gerekli olduğunu düşündürür.

Gelecek araştırmalar açısından ise bu çalışma metin tabanlı modeller, Türkçe, tekil stratejiler ve modellerin ilk denemesiyle sınırlıdır. Bu sınırlar farklı yönlerde aşılabılır: birden fazla stratejinin birlikte kullanıldığı kombinasyonların etkisi incelenebilir, çalışma farklı dillerde tekrarlanarak dile bağlı performans değişimleri karşılaştırılabilir, her koşul için çok sayıda tekrarlı üretim yapıp istatistiksel anlamlılık testleri uygulanabilir ve değerlendirme tek araştırmacı yerine çok uzmanlı bir panele taşınabilir. Bunların yanında logline, karakter ve sahne dışındaki aşamaların (sinopsis, tretman, üç perde yapısı, diyalog cilalama) sürece dâhil edilmesi ve yaratıcı yazımla büyük dil modellerini bir arada ele alan alanyazının (örneğin Alexopoulos vd., 2025) genişletilmesi, bu araçların senaryo yazımının bütününe katkısını daha kapsamlı biçimde ortaya koyabilir.

KAYNAKÇA

- Abu-Shawar, B. & Atwell, E. (2007). Chatbots: Are they really useful? *LDV-Forum*, 22(1), 29–49.
- Alexopoulos, P., Kladaki, M. & Mastrothanasis, K. (2025). Enhancing creative writing skills through large language models: A systematic literature review. I. Spantidakis, K. Ntinis, V. Hatzinikita & E. Griva (Ed.), *Γλώσσα, Εκπαίδευση και Τεχνητή Νοημοσύνη* içinde (ss. 359–374).
- Anthropic. (2026). *Claude Opus 4.6*. <https://www.anthropic.com/news/claude-opus-4-6>
- Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2. baskı). Routledge.
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., . . . Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901. <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- Chakrabarty, T., Laban, P., Agarwal, D., Muresan, S. & Wu, C.-S. (2024). Art or artifice? Large language models and the false promise of creativity. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.14556>
- Çelik, T. (2024). Senaryo analiz formu: Senaryo değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 506–535. <https://doi.org/10.21550/sosbilder.1480482>
- Doshi, A. R. & Hauser, O. P. (2024). Generative artificial intelligence enhances creativity but reduces the diversity of novel content. *Science Advances*, 10(28).
- Field, S. (2005). *Screenplay: The foundations of screenwriting*. Delta.
- Google DeepMind. (2026). *Gemini Pro models*. <https://deepmind.google/models/gemini/pro/>
- Hatipoğlu, Ö. (2026). *Senaryo yazım süreçlerinde büyük dil modellerinin kullanımı ve prompt mühendisliği üzerine metodolojik bir çerçeve önerisi* [Veri seti]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10070.20808>
- Ippolito, D., Yuan, A., Coenen, A. & Burnam, S. (2022). Creative writing with an AI-powered writing assistant: Perspectives from professional writers. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2211.05030>
- Jimenez, C. E., Yang, J., Wettig, A., Yao, S., Pei, K., Press, O. & Narasimhan, K. R. (2024). *SWE-bench: Can language models resolve real-world GitHub issues?* The Twelfth International Conference on Learning Representations. <https://openreview.net/forum?id=VTF8yNQm66>
- Khan, S. U., Khan, S., Ballewar, S. S., Rane, J. P. & Siddiquee, A. Q. (2025). Cinema and artificial intelligence: Charting its role in the Indian film sector. U. Kiliç (Ed.), *Transforming cinema with artificial intelligence* içinde (ss. 143–180). IGI Global Scientific Publishing.
- Koo, R., Lee, M., Raheja, V., Park, J., Kim, Z. M. & Kang, D. (2024). Benchmarking cognitive biases in large language models as evaluators. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.17012>
- Liang, P., Bommasani, R., Lee, T., Tsipras, D., Soylu, D., Yasunaga, M., Zhang, Y., Narayanan, D., Wu, Y., Kumar, A., Newman, B., Yuan, B., Yan, B., Zhang, C., Cosgrove, C., Manning, C. D., Ré, C., Acosta-Navas, D., Hudson, D. A., . . . Koreeda, Y. (2023). Holistic evaluation of language models. *Transactions on Machine Learning Research*. <https://arxiv.org/abs/2211.09110>
- Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H. & Neubig, G. (2023). Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1–35. <https://doi.org/10.1145/3560815>

- LMSYS Org. (t.y.). *LMarena (Chatbot Arena) leaderboard* [Sıralama tablosu]. Erişim tarihi: 30 Haziran 2026, <https://lmarena.ai>
- McKee, R. (1997). *Story: Substance, structure, style, and the principles of screenwriting*. ReganBooks.
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781>
- Mirowski, P., Mathewson, K. W., Stepleton, J. & Leibo, J. Z. (2023). Co-writing screenplays and theatre scripts with language models: Evaluation by industry professionals. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Makale 355, ss. 1–34). ACM. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581225>
- OpenAI. (2026). *Introducing GPT-5.5*. <https://openai.com/tr-TR/index/introducing-gpt-5-5/>
- Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C. L., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J. & Lowe, R. (2022). Training language models to follow instructions with human feedback. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.02155>
- Reynolds, L. & McDonell, K. (2021). Prompt programming for large language models: Beyond the few-shot paradigm. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2102.07350>
- Ryan, M. (2010). *Producer to producer: A step-by-step guide to low-budget independent film producing*. Michael Wiese Productions.
- Sclar, M., Choi, Y., Tsvetkov, Y. & Suhr, A. (2024). Quantifying language models' sensitivity to spurious features in prompt design or: How I learned to start worrying about prompt formatting. *The Twelfth International Conference on Learning Representations (ICLR)*. <https://arxiv.org/abs/2310.11324>
- Shanahan, M., McDonell, K. & Reynolds, L. (2023). Role-play with large language models. *Nature*, 623(7987), 493–498. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06647-8>
- Tamour, F. A., Iram, A., Mirza, S. J. & Zafar, R. (2025). Artificial intelligence in the film industry: Adoption and future potential. *Research Journal for Social Affairs*, 3(6), 1677–1687. <https://doi.org/10.71317/RJSA.003.06.0658>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Uddin, S. M. I., Sumon, R. I., Islam Mozumder, M. A., Hussin Chowdhury, M. K., Theodore Armand, T. P. & Kim, H. C. (2025). Innovations and challenges of AI in film: A methodological framework for future exploration. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 21(7), 1–55.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł. & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30. <https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Abstract.html>
- Vogel, H. L. (2020). *Entertainment industry economics: A guide for financial analysis* (10. baskı). Cambridge University Press.
- Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E. H., Le, Q. V. & Zhou, D. (2022). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35, 24824–24837. <https://arxiv.org/abs/2201.11903>

- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—A computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9(1), 36–45. <https://doi.org/10.1145/365153.365168>
- White, J., Fu, Q., Hays, S., Sandborn, M., Olea, C., Gilbert, H., Elnashar, A., Spencer-Smith, J. & Schmidt, D. C. (2023). A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with ChatGPT. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2302.11382>
- Winograd, T. (1972). Understanding natural language. *Cognitive Psychology*, 3(1), 1–191. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(72\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(72)90002-3)
- Writers Guild of America West. (2025, 18 Aralık). *Artificial intelligence*. <https://www.wga.org/contracts/known-your-rights/artificial-intelligence>
- Wu, Y., Mei, J., Yan, M., Li, C., Lai, S., Ren, Y., Wang, Z., Zhang, J., Wu, M., Jin, Q. & Huang, F. (2025). WritingBench: A comprehensive benchmark for generative writing. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2503.05244>
- Zamfirescu-Pereira, J. D., Wong, R., Hartmann, B. & Yang, Q. (2023). Why Johnny can't prompt: How non-AI experts try (and fail) to design LLM prompts. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Makale 437, ss. 1–21). ACM. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581388>
- Zhou, Y., Muresanu, A. I., Han, Z., Paster, K., Pitis, S., Chan, H. & Ba, J. (2023). Large language models are human-level prompt engineers. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. <https://arxiv.org/abs/2211.01910>

FİLAMENT SARIM YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN KOMPOZİT BORULARDA ELYAF HACİM ORANININ DENEYSEL ANALİZİ

Musa ÖZCAN¹ / Prof. Dr. Gültekin BASMACI²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD,
2330125005@ogr.mehmetakif.edu.tr, ORCID:0009-0004-8999-1118

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, gbasmaci@mehmetakif.edu.tr,
ORCID:0000-0003-4818-3160

Özet

Elyaf hacim oranı, filament sarım yöntemiyle üretilen kompozit boruların mekanik özelliklerini, üretim kalitesini ve yapısal performansını doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada, filament sarım yöntemiyle üretilen karbon/cam hibrit kompozit boruların elyaf hacim oranları deneysel olarak belirlenmiş ve üretim sürecinin homojenliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla, $[\pm 45^{\circ}\text{K}/\pm 45^{\circ}\text{C}/\pm 75^{\circ}\text{K}/\pm 75^{\circ}\text{C}]$ ve $[\pm 45^{\circ}\text{C}/\pm 45^{\circ}\text{K}/\pm 75^{\circ}\text{C}/\pm 75^{\circ}\text{K}]$ katman dizilimlerine sahip iki farklı hibrit kompozit boru dört eksenli CNC filament sarım tezgâhında epoksi reçine kullanılarak üretilmiştir. Her deney grubundan üçer adet olmak üzere toplam altı numune hazırlanmış ve ASTM D2584 standardına uygun yakma yöntemi uygulanmıştır. Yanma işlemi sonrasında karbon ve cam elyaflar ayrıştırılarak hassas terazide tartılmış, yoğunluk esaslı hacim hesaplamaları kullanılarak cam elyaf, karbon elyaf ve toplam elyaf hacim oranları hesaplanmıştır. Birinci deney grubunda toplam elyaf hacim oranı %54,7–55,0, ikinci deney grubunda ise %52,9–54,2 aralığında belirlenmiştir. Birinci deney grubunda karbon ve cam elyaf hacim oranlarının birbirine oldukça yakın olduğu, ikinci deney grubunda ise karbon elyaf hacim oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Numuneler arasında elde edilen düşük değişim, filament sarım üretim sürecinde elyaf ve reçine dağılımının homojen olduğunu ve üretim parametrelerinin yüksek tekrarlanabilirlik sağladığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, ASTM D2584 standardına göre gerçekleştirilen yanma yönteminin hibrit kompozit borularda elyaf hacim oranının güvenilir şekilde belirlenmesinde etkin bir yöntem olduğunu ve üretim kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Filament sarım, kompozit boru, elyaf hacim oranı, ASTM D2584, yanma deneyi.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FIBER VOLUME FRACTION IN COMPOSITE PIPES MANUFACTURED BY THE FILAMENT WINDING METHOD

Musa ÖZCAN¹ / Prof. Dr. Gültekin BASMACI²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering, 2330125005@ogr.mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0009-0004-8999-1118

² Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Mechanical Engineering, gbasmaci@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4818-3160

Abstract

Fiber volume fraction is one of the most important parameters directly affecting the mechanical properties, manufacturing quality, and structural performance of composite pipes produced by the filament winding method. In this study, the fiber volume fractions of carbon/glass hybrid composite pipes manufactured by the filament winding method were experimentally determined, and the homogeneity of the manufacturing process was evaluated. For this purpose, two different hybrid composite pipes with stacking sequences of $[\pm 45^\circ \text{CF}/\pm 45^\circ \text{GF}/\pm 75^\circ \text{CF}/\pm 75^\circ \text{GF}]$ and $[\pm 45^\circ \text{GF}/\pm 45^\circ \text{CF}/\pm 75^\circ \text{GF}/\pm 75^\circ \text{CF}]$ were manufactured using epoxy resin on a four-axis CNC filament winding machine. A total of six specimens, three from each experimental group, were prepared, and the burn-off method in accordance with ASTM D2584 was applied. After the burn-off process, the carbon and glass fibers were separated and weighed using a precision balance, and the glass fiber, carbon fiber, and total fiber volume fractions were determined through density-based volume calculations. The total fiber volume fraction was found to range between 54.7–55.0% for the first experimental group and 52.9–54.2% for the second experimental group. It was observed that the carbon and glass fiber volume fractions were very close to each other in the first experimental group, whereas the carbon fiber volume fraction was higher in the second experimental group. The low variation obtained among the specimens indicates that the fiber and resin distributions were homogeneous during the filament winding manufacturing process and that the manufacturing parameters provided high repeatability. The obtained results demonstrate that the burn-off method applied in accordance with ASTM D2584 is an effective technique for the reliable determination of the fiber volume fraction in hybrid composite pipes and can be used as an important tool for evaluating manufacturing quality.

Keywords: Filament winding, composite pipe, fiber volume fraction, ASTM D2584, burn-off test.

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla farklı malzemenin makroskobik ölçekte bir araya getirilmesiyle oluşturulan ve bileşenlerinin tek başına sağlayamadığı üstün özellikleri aynı yapı içerisinde sunabilen mühendislik malzemeleridir. Yüksek özgül dayanım ve rijitlik değerleri, düşük yoğunlukları, korozyon direnci, yorulma dayanımları ve uzun servis ömürleri sayesinde son yıllarda havacılık, uzay, otomotiv, savunma sanayii, denizcilik, enerji, altyapı ve kimya endüstrisi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle elyaf takviyeli polimer kompozitler (Fiber Reinforced Polymer-FRP), düşük ağırlık ile yüksek mekanik performansı bir arada sunmaları nedeniyle geleneksel metalik malzemelere önemli bir alternatif hâline gelmiştir. Kompozit boruların üretiminde kullanılan yöntemler arasında filament sarma yöntemi, yüksek üretim hassasiyeti, otomasyona uygunluğu, düşük malzeme kaybı ve sürekli elyaf kullanımına olanak sağlaması nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu yöntemde sürekli karbon veya cam elyaf demetleri reçine banyosundan geçirilerek bilgisayar kontrollü olarak dönen bir mandrel üzerine belirlenen sarım açılarıyla sarılmaktadır. Sarım açısı, elyaf gerginliği, reçine miktarı ve katman dizilimi gibi üretim parametreleri kontrol altında tutulabildiğinden, yüksek tekrarlanabilirliğe sahip kompozit borular üretilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle filament sarma yöntemi özellikle basınçlı borular, kimyasal depolama tankları, basınç kapları ve enerji sistemlerinde kullanılan kompozit yapıların üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir. Son yıllarda karbon ve cam elyafın birlikte kullanıldığı hibrit kompozit yapılar üzerine gerçekleştirilen çalışmalar önemli ölçüde artmıştır. Karbon elyafın yüksek elastisite modülü ve mekanik dayanımı ile cam elyafın darbe dayanımı, kimyasal direnci ve ekonomik avantajı aynı yapı içerisinde birleştirilerek maliyet ve performans açısından dengeli kompozit sistemler geliştirilmektedir. Bununla birlikte hibrit kompozit boruların mekanik performansı yalnızca kullanılan elyaf türüne bağlı olmayıp, katman dizilimi, sarım açısı, reçine miktarı, üretim parametreleri ve elyaf hacim oranı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle üretim sonrasında gerçekleştirilen kalite kontrol çalışmaları, kompozit boruların güvenilirliği ve mekanik performansının değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Elyaf hacim oranı, kompozit malzeme içerisinde bulunan takviye elyaflarının toplam hacminin kompozit hacmine oranı olarak tanımlanmakta olup kompozit yapıların en önemli yapısal parametrelerinden biridir. Elyaf hacim oranındaki değişimler; elastisite modülü, dayanım, rijitlik, hasar mekanizmaları ve uzun dönem servis performansı üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Üretim sırasında reçinenin elyafı yeterince emdirememesi, elyaf gerginliğinin değişmesi veya katmanlar arasında reçine birikmesi gibi durumlar elyaf hacim oranının değişmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle elyaf hacim oranının deneysel olarak belirlenmesi, yalnızca üretim kalitesinin değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda mekanik deney sonuçlarının doğru yorumlanabilmesi açısından da önemli bir kalite kontrol yöntemi olarak kabul edilmektedir. Kompozit malzemelerde elyaf hacim oranının belirlenmesinde mikroskobik görüntü analizi, kimyasal çözündürme ve yakma yöntemi gibi farklı deneysel yöntemler kullanılmaktadır. Yakma yöntemi, özellikle termoset matrisli kompozitlerde polimer matrisin kontrollü olarak uzaklaştırılması ve geriye kalan takviye elyaflarının hassas kütle ölçümleriyle belirlenmesine dayanması nedeniyle en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem sayesinde karbon ve cam elyaf miktarları ayrı ayrı belirlenebilmekte ve yoğunluk esaslı hesaplamalar yardımıyla her bir elyaf türüne ait hacim oranı güvenilir şekilde hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, dört eksenli CNC filament sarma tezgâhında üretilen iki farklı katman dizilimine sahip karbon/cam hibrit kompozit boruların elyaf hacim oranları deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla ASTM D2584 standardına uygun olarak gerçekleştirilen yakma yöntemi kullanılmış, numunelerin ilk kütleleri hassas terazide ölçülmüş, epoksi matris kontrollü olarak uzaklaştırıldıktan sonra karbon ve cam elyaf fiziksel olarak birbirinden ayrılmış ve yeniden tartılmıştır. Elde edilen kütle değerleri yoğunluk esaslı hacim hesaplamalarında kullanılarak karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf hacim oranları belirlenmiş, farklı katman dizilimlerinin üretim kalitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Malzemeler ve Numune Üretimi

Deneyisel çalışmada iki farklı katman dizilimine sahip hibrit kompozit borular kullanılmıştır. Takviye malzemesi olarak 12K karbon elyaf ile E-cam elyaf, matris malzemesi olarak ise Huntsman MY740 epoksi reçinesi, HY918 sertleştirici ve DY062 inceltici kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan malzemelerin teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan malzemelerin teknik özellikleri

Malzeme	Özellik	Değer
Karbon elyaf	Elyaf tipi	12K
Karbon elyaf	Yoğunluk (g/cm ³)	1,78
Karbon elyaf	Çekme dayanımı (MPa)	3800–4100
Karbon elyaf	Elastisite modülü (GPa)	230–240
Cam elyaf	Elyaf tipi	E-Glass, 600 tex
Cam elyaf	Yoğunluk (g/cm ³)	2,56
Cam elyaf	Çekme dayanımı (MPa)	2000–2400
Cam elyaf	Elastisite modülü (GPa)	70–73
Epoksi reçine	Reçine sistemi	Huntsman MY740
Sertleştirici	Ürün kodu	HY918
İnceltici	Ürün kodu	DY062
Epoksi reçine	Yoğunluk (g/cm ³)	1,20

Filament sarma işleminde karbon ve cam elyaflar reçine banyosundan geçirilerek dönen mandrel üzerine bilgisayar kontrollü olarak sarılmıştır. Üretim boyunca sarım hızı, mandrel dönme hızı, ilerleme hızı ve elyaf gerginliği sabit tutularak tüm numunelerin aynı üretim koşullarında hazırlanması sağlanmıştır. Deneyisel çalışmada iki farklı hibrit kompozit boru tasarımı kullanılmıştır. Birinci deney grubunda katman dizilimi $[\pm 45^\circ K / \pm 45^\circ C / \pm 75^\circ K / \pm 75^\circ C]$, ikinci deney grubunda ise $[\pm 45^\circ C / \pm 45^\circ K / \pm 75^\circ C / \pm 75^\circ K]$ olarak belirlenmiştir. Her deney grubunda üçer adet numune üretilmiş olup numuneler sırasıyla a, b, c ve d, e, f kodları ile tanımlanmıştır. Şekil 1’de iki grup halinde deneyde kullanılan kompozit boru numuneleri gösterilmektedir.



Şekil 1. Yakma deneyinde kullanılan kompozit boru numuneleri

Tablo 2’de yakma deneyinde kullanılan kompozit boru numunelerinin katman dizilimleri ve numune kodları gösterilmektedir.

Tablo 2. Deneyde kullanılan numune grupları, sarım açıları ve katman dizilimleri

Deney Grubu	Numune Kodları	Katman Dizilimi
Grup 1	a, b, c	$[\pm 45^\circ\text{K} / \pm 45^\circ\text{C} / \pm 75^\circ\text{K} / \pm 75^\circ\text{C}]$
Grup 2	d, e, f	$[\pm 45^\circ\text{C} / \pm 45^\circ\text{K} / \pm 75^\circ\text{C} / \pm 75^\circ\text{K}]$

Filament sarma işleminin ardından numuneler kontrollü kürleme işlemine tabi tutulmuş, daha sonra deney boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan hibrit kompozit borular ASTM D2584 standardına göre gerçekleştirilen yakma deneyinde kullanılarak karbon ve cam elyaf hacim oranları deneysel olarak belirlenmiştir. Şekil 2’de deneyde kullanılan kül fırın gösterilmektedir.

**Şekil 2.** Kül fırın

2.2. Elyaf Hacim Oranının Belirlenmesi

Filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit boruların elyaf hacim oranlarının belirlenmesinde ASTM D2584 standardına uygun yakma yöntemi uygulanmıştır. Deney kapsamında her iki deney grubundan üçer adet olmak üzere toplam altı hibrit kompozit boru numunesi hazırlanmıştır. Numuneler standart boyutlarda kesildikten sonra yüzeylerinde bulunan yabancı parçacıklar temizlenmiş ve ilk kütleleri hassas terazide ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Elde edilen ilk kütle değerleri, kompozit yapı içerisinde bulunan karbon elyaf, cam elyaf ve epoksi matrisin toplam kütlesini temsil etmektedir. İlk tartım işleminin ardından numuneler yüksek sıcaklığa dayanıklı seramik krozeler içerisinde yerleştirilmiş ve programlanabilir kül fırınında 500°C sıcaklıkta yakma işlemine tabi tutulmuştur. Yakma işlemi süresince epoksi matris kontrollü olarak yakılarak ortamdan uzaklaştırılmış, geriye yalnızca karbon ve cam elyaftan oluşan takviye yapısı kalmıştır. Tüm numunelere aynı sıcaklık ve deney koşullarının uygulanmasıyla epoksi reçinenin tamamen uzaklaştırılması sağlanmış ve elyafların yapısal bütünlüğü korunmuştur. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra seramik krozeler kül fırınından çıkarılarak oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan numunelerde bulunan karbon ve cam elyaflar laboratuvar cımbızı kullanılarak dikkatlice birbirinden ayrılmış, ayrıştırma işlemi sırasında liflerde kırılma veya malzeme kaybı oluşmamasına özen gösterilmiştir. Ayrılan karbon ve cam elyaflar daha sonra hassas terazide ayrı ayrı tartılarak son kütle değerleri elde edilmiştir. Karbon ve cam elyafa ait kütle değerleri kullanılarak her bir bileşenin hacmi yoğunluk esasına göre hesaplanmış, ardından toplam kompozit hacmi belirlenerek karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf

hacim oranları hesaplanmıştır. Böylece filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit boruların elyaf hacim oranları deneysel olarak belirlenmiş ve farklı katman dizilimlerinin elyaf dağılımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2.3. Elyaf Hacim Oranlarının Hesaplanması

Yakma deneyi sonrasında elde edilen ilk ve son kütle değerleri kullanılarak karbon elyaf, cam elyaf ve epoksi reçinenin hacimleri yoğunluk esasına göre hesaplanmıştır. Hesaplamalarda karbon elyaf yoğunluğu $1,78 \text{ g/cm}^3$, cam elyaf yoğunluğu $2,56 \text{ g/cm}^3$ ve epoksi reçine yoğunluğu $1,20 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır. Öncelikle her bileşenin hacmi kendi yoğunluğuna bölünerek belirlenmiş, ardından toplam kompozit hacmi hesaplanmıştır. Son aşamada karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf hacim oranları yüzde (%) olarak elde edilmiştir.

Karbon, cam elyaf ve epoksi reçine hacimleri sırasıyla Eşitlik (1), Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_K = \frac{m_K}{\rho_K} \quad (1)$$

$$V_C = \frac{m_C}{\rho_C} \quad (2)$$

$$V_R = \frac{m_R}{\rho_R} \quad (3)$$

Burada V hacmi (cm^3), m kütleyi (g) ve ρ yoğunluğu (g/cm^3) ifade etmektedir. Alt indislerde K karbon elyafı, C cam elyafı ve R epoksi reçineyi göstermektedir.

Toplam kompozit hacmi Eşitlik (4) yardımıyla belirlenmiştir.

$$V_{\text{Toplam}} = V_K + V_C + V_R \quad (4)$$

Karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf hacim oranları sırasıyla Eşitlik (5), Eşitlik (6) ve Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_{f,K} = \frac{V_K}{V_{\text{Toplam}}} \times 100 \quad (5)$$

$$V_{f,C} = \frac{V_C}{V_{\text{Toplam}}} \times 100 \quad (6)$$

$$V_{f,\text{Toplam}} = \frac{V_K + V_C}{V_{\text{Toplam}}} \times 100 \quad (7)$$

Bu eşitlikler kullanılarak her numune için karbon elyaf hacim oranı, cam elyaf hacim oranı ve toplam elyaf hacim oranı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te verilmiş ve farklı katman dizilimlerinin elyaf hacim oranları üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Hibrit kompozit boruların karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf hacim oranları

Deney Grubu	Numune Kodu	Karbon Elyaf Hacim Oranı (%)	Cam Elyaf Hacim Oranı (%)	Toplam Elyaf Hacim Oranı (%)
Grup 1	a	27,8	27,2	55,0
Grup 1	b	27,5	27,3	54,8
Grup 1	c	27,4	27,3	54,7
Grup 1 Ortalama Veriler	—	27,6	27,3	54,8
Grup 2	d	28,6	25,6	54,2
Grup 2	e	28,4	25,4	53,8
Grup 2	f	27,6	25,3	52,9
Grup 2 Ortalama Veriler	—	28,2	25,4	53,6

Tablo 3'in verileri incelendiğinde her iki deney grubunda toplam elyaf hacim oranlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Birinci deney grubunda toplam elyaf hacim oranı ortalama %54,8 olarak belirlenirken, ikinci deney grubunda bu değer ortalama %53,6 olarak hesaplanmıştır. Her iki grup arasındaki farkın düşük olması, filament sarma üretim sürecinde reçinenin elyaf demetlerini homojen biçimde emdirdiğini ve üretim parametrelerinin kararlı şekilde uygulandığını göstermektedir. Birinci deney grubunda karbon ve cam elyaf hacim oranlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Buna karşılık ikinci deney grubunda karbon elyaf hacim oranının cam elyaf hacim oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, katman dizilimindeki değişikliğin elyafların hacimsel dağılımını etkilediğini, ancak toplam elyaf miktarında önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir. Numuneler arasında belirlenen düşük değişim değerleri, filament sarma yönteminin yüksek üretim tekrarlanabilirliğine sahip olduğunu ve üretim sürecinin başarılı şekilde kontrol edildiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen elyaf hacim oranları, daha sonraki mekanik deneylerin değerlendirilmesinde güvenilir bir kalite kontrol verisi olarak kullanılmıştır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, filament sarma yöntemiyle üretilen iki farklı katman dizilimine sahip hibrit kompozit boruların elyaf hacim oranları ASTM D2584 standardına göre gerçekleştirilen yakma deneyi ile deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel bulgular, her iki deney grubunda elde edilen toplam elyaf hacim oranlarının birbirine oldukça yakın olduğunu göstermiştir. Elyaf hacim oranlarında belirgin farklılıkların bulunmaması, üretim sürecinde kullanılan filament sarma parametrelerinin her iki deney grubu için benzer koşullarda uygulanabildiğini ve numunelerin üretim açısından yüksek tekrarlanabilirliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Birinci ve ikinci deney gruplarına ait karbon ve cam elyaf hacim oranları karşılaştırıldığında, katman dizilimindeki değişikliğin elyafların kompozit yapı içerisindeki dağılımını etkilediği, ancak toplam elyaf hacim oranında önemli bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Bu durum, hibrit kompozit boruların üretiminde katman sıralamasının toplam takviye miktarından ziyade karbon ve cam elyafların kompozit yapı içerisindeki hacimsel dağılımını etkileyen bir parametre olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, kullanılan üretim parametrelerinin her iki katman dizilimi için de benzer elyaf hacim oranlarının elde edilmesine olanak sağladığını ortaya koymaktadır. Yakma

deneyi sonrasında epoksi matrisin tamamen uzaklaştırılması ve karbon ile cam elyafların fiziksel bütünlüklerini koruyarak birbirinden ayrılabilmesi, uygulanan deney yönteminin güvenilirliğini desteklemektedir. Elyafalarda belirgin bir yanma, kırılma veya malzeme kaybının gözlenmemesi, 500 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen yakma işleminin epoksi matrisin uzaklaştırılması için yeterli olduğunu ve elyaf hacim oranlarının doğru şekilde belirlenmesine olanak sağladığını göstermektedir. Bu durum ASTM D2584 standardına göre uygulanan yöntemin hibrit kompozit borular için uygunluğunu doğrulamaktadır. Elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit boruların homojen bir iç yapıya sahip olduğu ve üretim sürecinin kararlı şekilde yürütüldüğü anlaşılmaktadır. Elyaf hacim oranlarında belirlenen düşük değişim değerleri, üretim kalitesinin doğrulanmasında önemli bir gösterge olup, üretim sürecinde reçine emdirme ve elyaf yerleşiminin başarılı şekilde gerçekleştirildiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle elyaf hacim oranı, filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit boruların kalite kontrolünde güvenilir bir değerlendirme parametresi olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, ASTM D2584 standardına göre gerçekleştirilen yakma yöntemi ile hibrit kompozit boruların karbon elyaf, cam elyaf ve toplam elyaf hacim oranları güvenilir şekilde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen deneysel bulgular, filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit boruların üretim kalitesinin değerlendirilmesinde elyaf hacim oranının etkin bir kalite kontrol kriteri olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın, filament sarma yöntemiyle üretilen hibrit kompozit borularda elyaf hacim oranının deneysel olarak belirlenmesine yönelik gerçekleştirilecek benzer araştırmalara katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ASTM International. (2022). *ASTM D2584-22: Standard test method for ignition loss of cured reinforced resins*. ASTM International.
- Campbell Jr, F. C. (2003). *Manufacturing processes for advanced composites*. Elsevier.
- Chawla, K. K. (2012). *Composite materials: Science and engineering* (3rd ed.). Springer.
- Hull, D., & Clyne, T. W. (1996). *An introduction to composite materials* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber-reinforced composites: Materials, manufacturing, and design* (3rd ed.). CRC Press.
- Pandita, S., Irfan, M., Machavaram, V., Shotton-Gale, N., Mahendran, R., Wait, C., Paget, M., Harris, D., Leek, C., & Fernando, G. (2012). Clean wet-filament winding—Part 1: Design concept and simulations. *Journal of Composite Materials*, 47(3), 379–390. <https://doi.org/10.1177/0021998312440132>
- Rajak, D. K., Pagar, D. D., Menezes, P. L., & Linul, E. (2019). Fiber-reinforced polymer composites: Manufacture, properties, and applications. *Polymers*, 11(10), 1667. <https://doi.org/10.3390/polym11101667>
- Swolfs, Y., Gorbatiikh, L., & Verpoest, I. (2014). Fibre hybridisation in polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 67, 181–200. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.08.027>
- Wang, Q., Wu, W., & Li, W. (2018). Compression properties of interlayer and intralayer carbon/glass hybrid composites. *Polymers*, 10(4), 343. <https://doi.org/10.3390/polym10040343>

FİLAMENT SARIMLI HİBRİT KOMPOZİT BORULARIN RADYAL SERTLİK PERFORMANSININ PS VE SF PARAMETRELERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Musa ÖZCAN¹ / Prof. Dr. Gültekin BASMACI² / Dr. Öğr. Üyesi Durmuş TEMİZ³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, 2330125005@ogr.mehmetakif.edu.tr, ORCID:0009-0004-8999-1118

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, gbasmaci@mehmetakif.edu.tr, ORCID:0000-0003-4818-3160

³Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, dtemiz@mehmetakif.edu.tr, ORCID:0000-0002-7350-7502

Özet

Filament sarım yöntemiyle üretilen hibrit kompozit borular, yüksek özgül dayanım, korozyon direnci ve tasarlanabilir mekanik özellikleri nedeniyle birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu boruların radyal yükler altındaki mekanik davranışlarının doğru bir şekilde belirlenmesi, güvenilir tasarım ve uzun servis ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı katman dizilimlerine sahip filament sarımlı karbon/cam hibrit kompozit boruların radyal sertlik performansı deneysel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında $[\pm 45^\circ\text{K}/\pm 45^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}]$ ve $[\pm 45^\circ\text{C}/\pm 45^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}]$ dizilimlerine sahip iki farklı hibrit kompozit boru dört eksenli CNC filament sarım tezgâhında epoksi reçine kullanılarak üretilmiştir. Her deney grubundan üçer adet numune hazırlanmış ve radyal basma deneyleri ASTM D2412 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen yük–yer değiştirme verileri kullanılarak boru sertliği (Pipe Stiffness, PS) ve sertlik faktörü (Stiffness Factor, SF) hesaplanmış, ayrıca deneysel sonuçların güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla ortalama değerler, standart sapmalar ve değişim katsayıları belirlenmiştir. Sonuçlar, karbon elyafın iç katmanda bulunduğu dizilimin ortalama 103,08 MPa PS ve 11197,01 SF değerleri ile cam elyafın iç katmanda yer aldığı dizilime göre daha yüksek radyal rijitlik sergilediğini göstermiştir. Cam elyafın iç katmanda bulunduğu numunelerde ise ortalama PS ve SF değerleri sırasıyla 65,68 MPa ve 7096,57 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca karbon öncelikli dizilimde elde edilen daha düşük değişim katsayısı, bu yapıların deneysel açıdan daha yüksek tekrarlanabilirlik ve üretim tutarlılığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, hibrit kompozit boruların radyal mekanik performansının geliştirilmesinde katman diziliminin kritik bir tasarım parametresi olduğunu göstermekte ve filament sarımlı kompozit yapıların tasarımına yönelik önemli veriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Filament sarma, kompozit boru, radyal basma, boru sertliği (PS), sertlik faktörü (SF).

EVALUATION OF THE RADIAL STIFFNESS PERFORMANCE OF FILAMENT-WOUND HYBRID COMPOSITE PIPES USING PS AND SF PARAMETERS

Musa ÖZCAN¹ / Prof. Dr. Gültekin BASMACI² / Assist. Prof. Dr. Durmuş TEMİZ³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering, 2330125005@ogr.mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0009-0004-8999-1118

²Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Mechanical Engineering, gbasmaci@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4818-3160

³Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Mechanical Engineering, dtemiz@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7350-7502

Abstract

Hybrid composite pipes manufactured by the filament winding method are widely used in many engineering applications due to their high specific strength, corrosion resistance, and tailorable mechanical properties. Accurate determination of the mechanical behavior of these pipes under radial loads is of great importance for reliable design and long service life. In this study, the radial stiffness performance of filament-wound carbon/glass hybrid composite pipes with different stacking sequences was experimentally evaluated. Within the scope of the study, two different hybrid composite pipes with stacking sequences of $[\pm 45^\circ \text{CF}/\pm 45^\circ \text{GF}/\pm 75^\circ \text{CF}/\pm 75^\circ \text{GF}]$ and $[\pm 45^\circ \text{GF}/\pm 45^\circ \text{CF}/\pm 75^\circ \text{GF}/\pm 75^\circ \text{CF}]$ were manufactured using epoxy resin on a four-axis CNC filament winding machine. Three specimens were prepared from each experimental group, and radial compression tests were carried out in accordance with the ASTM D2412 standard. Using the load–displacement data obtained from the experiments, the Pipe Stiffness (PS) and Stiffness Factor (SF) values were calculated. In addition, mean values, standard deviations, and coefficients of variation were determined to evaluate the reliability of the experimental results. The results showed that the stacking sequence with carbon fiber in the inner layer exhibited higher radial stiffness, with an average PS of 103.08 MPa and an SF of 11197.01, compared to the stacking sequence with glass fiber in the inner layer. For the specimens with glass fiber in the inner layer, the average PS and SF values were calculated as 65.68 MPa and 7096.57, respectively. Furthermore, the lower coefficient of variation obtained for the carbon-first stacking sequence revealed that these structures possess higher experimental repeatability and manufacturing consistency. The findings demonstrate that the stacking sequence is a critical design parameter for improving the radial mechanical performance of hybrid composite pipes and provide important data for the design of filament-wound composite structures.

Keywords: Filament winding, composite pipe, radial compression, pipe stiffness (PS), stiffness factor (SF).

1. GİRİŞ

Filament sarım yöntemiyle üretilen kompozit borular, yüksek özgül dayanım, düşük yoğunluk, korozyon direnci ve tasarlanabilir mekanik özellikleri sayesinde günümüzde birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Özellikle petrol ve doğal gaz iletim hatları, içme suyu ve atık su altyapı sistemleri, kimyasal akışkan taşıma hatları, basınçlı kaplar, enerji tesisleri, denizcilik ve savunma sanayi gibi alanlarda uzun servis ömrü, düşük bakım gereksinimi ve hafif yapıları nedeniyle geleneksel metalik borulara önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Filament sarma teknolojisi ise sürekli elyafların belirlenen sarım açıları doğrultusunda reçine ile emprenye edilerek dönen bir mandrel üzerine kontrollü biçimde sarılmasına dayanan, yüksek üretim hassasiyeti sağlayan gelişmiş bir kompozit üretim yöntemidir. Bu yöntem sayesinde elyaf yönlenmesi, katman dizilimi ve elyaf hacim oranı uygulama gereksinimlerine uygun şekilde tasarlanabilmekte ve hedeflenen mekanik performans değerlerine ulaşabilmektedir. Filament sarımlı kompozit boruların mekanik performansı; kullanılan elyaf türü, matris malzemesi, sarım açısı, elyaf hacim oranı, üretim parametreleri ve katman dizilimi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Özellikle karbon ve cam elyafın hibrit olarak kullanılması, karbon elyafın yüksek rijitliği ile cam elyafın darbe dayanımı ve ekonomik avantajlarını bir araya getirerek daha dengeli mekanik özelliklerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte hibrit yapılarda yalnızca malzeme türü değil, katmanların yerleşim sırası da yük aktarım mekanizmasını doğrudan etkileyerek yapının mekanik davranışında önemli farklılıklara neden olmaktadır. Kompozit borular servis ömürleri boyunca yalnızca iç basınç yüklerine değil, aynı zamanda gömülü uygulamalarda zemin yükleri, trafik yükleri, dolgu sıkıştırması ve çevresel etkiler nedeniyle radyal deformasyona da maruz kalmaktadır. Bu nedenle radyal mekanik performansın ASTM D2412 standardına göre Pipe Stiffness (PS) ve Stiffness Factor (SF) parametreleri kullanılarak değerlendirilmesi güvenilir tasarım açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada dört eksenli CNC filament sarma yöntemi kullanılarak epoksi matris esaslı iki farklı hibrit katman dizilimine sahip kompozit borular üretilmiş ve radyal basma deneyleri ASTM D2412 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen yük–yer değiştirme verileri kullanılarak PS ve SF değerleri hesaplanmış, sonuçlar farklı katman dizilimleri açısından karşılaştırılmış ve deneysel güvenilirlik istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Böylece hibrit katman diziliminin radyal sertlik performansı üzerindeki etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Malzemeler

Bu çalışmada deney numuneleri, dört eksenli CNC filament sarma tezgâhı kullanılarak karbon ve cam elyaf takviyeli hibrit kompozit boru formunda üretilmiştir. Kompozit yapının takviye fazını yüksek özgül dayanım ve yüksek elastisite modülüne sahip karbon elyaf ile yüksek darbe dayanımı, kimyasal kararlılığı ve ekonomik avantajları nedeniyle yaygın olarak tercih edilen E-cam elyaf oluşturmıştır. Matris fazı olarak ise düşük viskozitesi, yüksek aderans kabiliyeti ve üstün mekanik özellikleri sayesinde filament sarma proseslerinde yaygın olarak kullanılan epoksi esaslı reçine sistemi tercih edilmiştir. Epoksi matris, uygulanan yüklerin elyaflar arasında etkin biçimde aktarılmasını sağlarken aynı zamanda katmanlar arasında güçlü bir bağ oluşturarak kompozit yapının bütünlüğünü korumaktadır. Hibrit kompozit yapılarda karbon ve cam elyafın birlikte kullanılması, karbon elyafın yüksek rijitliği ile cam elyafın enerji sönümleme kabiliyetini aynı yapı içerisinde bir araya getirmektedir. Bununla birlikte hibrit kompozitlerde mekanik davranışı belirleyen temel faktörlerden biri katman dizilimidir. Aynı malzemeler kullanılmasına rağmen katmanların yerleşim sırası yük aktarım mekanizmasını değiştirebilmekte ve özellikle radyal yükler altında boru sertliği üzerinde önemli farklılıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada tüm üretim parametreleri sabit tutulmuş, yalnızca hibrit katman dizilimi değiştirilerek radyal sertlik performansına etkisi araştırılmıştır. Takviye malzemesi olarak DowAksa A49 12K karbon elyaf ve Şişecam E-glass 600 tex cam elyaf kullanılmıştır. Matris sistemi ise Huntsman MY740 epoksi reçinesi, HY918 sertleştiricisi ve DY062 reaktif incelticisinden oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılan malzemeler ve temel teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemeler ve teknik özellikleri

Malzeme	Ticari adı	Özellik / Görev	Yoğunluk (g/cm ³)
Karbon elyaf	DowAksa A49 12K	Takviye elyafı	1,78
Cam elyaf	Şişecam E-glass 600 tex	Takviye elyafı	2,56
Epoksi reçine	Huntsman MY740	Matris malzemesi	1,20
Sertleştirici	Huntsman HY918	Kürleme ajanı	—
Reaktif inceltici	Huntsman DY062	Reçine viskozitesini düzenleyici	—

Matris sistemi, MY740 epoksi reçinesi, HY918 sertleştiricisi ve DY062 reaktif incelticisinden oluşturulmuştur. Reçine sistemi, filament sarma işlemi sırasında elyafların homojen biçimde emprenye edilmesini sağlamak ve kürlenme sonrasında yüksek mekanik dayanım elde etmek amacıyla üretici firmanın önerdiği karışım oranlarında hazırlanmıştır.

Takviye olarak kullanılan karbon ve cam elyafın mekanik ve fiziksel özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Takviye elyaflarının mekanik ve fiziksel özellikleri

Özellik	Karbon elyaf	Cam elyaf
Çekme dayanımı (MPa)	3800–4100	2000–2400
Elastisite modülü (GPa)	230–240	70–73
Kopma uzaması (%)	1,5–1,8	2,0–2,5
Yoğunluk (g/cm ³)	1,78	2,56

Deney numuneleri iki farklı hibrit katman diziliminde üretilmiştir. Birinci deney grubunda [$\pm 45^\circ\text{K}/\pm 45^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}$], ikinci deney grubunda ise [$\pm 45^\circ\text{C}/\pm 45^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}$] dizilimi uygulanmıştır. Her iki deney grubunda sarım açıları, reçine sistemi, elyaf gerginliği, kürleme koşulları ve diğer üretim parametreleri sabit tutulmuş, yalnızca katmanların yerleşim sırası değiştirilmiştir.

Tablo 3. Deney numunelerine ait katman dizilimleri ve sarım açıları

Deney grubu	Katman dizilimi	Sarım açıları
Grup 1	[$\pm 45^\circ\text{K} / \pm 45^\circ\text{C} / \pm 75^\circ\text{K} / \pm 75^\circ\text{C}$]	$\pm 45^\circ$ ve $\pm 75^\circ$
Grup 2	[$\pm 45^\circ\text{C} / \pm 45^\circ\text{K} / \pm 75^\circ\text{C} / \pm 75^\circ\text{K}$]	$\pm 45^\circ$ ve $\pm 75^\circ$

K: Karbon elyaf, C: Cam elyaf

Filament sarma işlemi boyunca tüm numuneler aynı üretim koşullarında imal edilmiştir. Elyaf gerginliği yaklaşık 8–10 N aralığında tutulmuş, reçine banyosu sıcaklığı ve sarım parametreleri sabit tutulmuş, üretim sonrasında numuneler 120 °C'de 4 saat süreyle kürlenmiştir.

Tablo 4. Filament sarma üretim parametreleri

Parametre	Değer
Üretim yöntemi	4 eksenli CNC filament sarma
Sarım açıları	$\pm 45^\circ$ ve $\pm 75^\circ$
Elyaf gerginliği	8–10 N
Reçine sistemi	MY740 / HY918 / DY062
Kürleme sıcaklığı	120 °C
Kürleme süresi	4 saat

Üretimi tamamlanan kompozit boruların geometrik ölçüleri deney öncesinde dijital kumpas yardımıyla üç farklı noktadan ölçülmüş ve ortalama değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 5. Deney numunelerinin ortalama geometrik özellikleri

Parametre	Ortalama değer
Dış çap (Do)	23,50 mm
İç çap (Di)	18,00 mm
Et kalınlığı (t)	2,75 mm
Numune boyu (L)	24,00 mm

2.2. Numune Üretimi

Deney numuneleri, dört eksenli CNC filament sarma tezgâhı kullanılarak üretilmiştir. Üretim sürecinde iç çapı 18 mm olan çelik mandrel üzerine sürekli karbon ve cam elyaflar belirlenen sarım açıları doğrultusunda kontrollü olarak sarılmıştır. Elyaf, sarım işlemi öncesinde epoksi esaslı reçine sistemi ile emprenye edilmiş ve belirlenen hibrit katman dizilimine uygun olarak mandrel üzerine ardışık biçimde yerleştirilmiştir. Filament sarma yöntemi, elyafların kontrollü gerginlik altında ve istenilen sarım açıları doğrultusunda yerleştirilmesine olanak sağlayarak yüksek boyutsal doğruluk ve üretim tekrarlanabilirliği sunan ileri kompozit üretim tekniklerinden biridir. Bu çalışmada sarım açısı, elyaf gerginliği, reçine emdirme koşulları ve kürleme parametreleri sabit tutulmuş, yalnızca hibrit katman dizilimi değiştirilmiştir. Böylece deney sonuçlarında gözlenen farklılıkların doğrudan katman diziliminden kaynaklanması hedeflenmiştir. Birinci deney grubunda [$\pm 45^\circ\text{K}/\pm 45^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}$], ikinci deney grubunda ise [$\pm 45^\circ\text{C}/\pm 45^\circ\text{K}/\pm 75^\circ\text{C}/\pm 75^\circ\text{K}$] katman dizilimi uygulanmıştır. Her iki grupta toplam dört katman kullanılmış, sarım açıları $\pm 45^\circ$ ve $\pm 75^\circ$ olarak belirlenmiştir. Katman dizilimleri dışında tüm üretim parametreleri sabit tutulmuş ve her gruptan üçer adet olmak üzere toplam altı adet hibrit kompozit boru üretilmiştir. Sarım işleminin tamamlanmasının ardından numuneler 120 °C sıcaklıkta 4 saat süreyle kürlenmiştir. Kürleme sonrasında oda sıcaklığında soğumaya bırakılan kompozit borular mandrel üzerinden çıkarılmış ve deney boyutlarına uygun olarak kesilmiştir. Kesim işlemi sırasında numune uç yüzeylerinin düzgün ve birbirine paralel olmasına özen gösterilerek mekanik deney sonuçlarını etkileyebilecek geometrik düzensizliklerin oluşması önlenmiştir. Üretimi tamamlanan numunelerin geometrik ölçüleri dijital kumpas kullanılarak kontrol edilmiş ve ASTM D2412 standardında belirtilen deney koşullarını sağlayacak şekilde radyal basma deneylerine hazır hâle getirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Radyal Basma Deneyi

Hibrit kompozit boruların radyal mekanik performanslarının belirlenmesi amacıyla radyal basma deneyleri ASTM D2412 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler, paralel plaka yükleme prensibine göre çalışan Şekil 1’de gösterilen Shimadzu AGS-X 10 kN elektromekanik universal test cihazında yürütülmüştür. Bu yöntem, kompozit boruların radyal yükler altındaki deformasyon davranışının belirlenmesi, boru sertliğinin

değerlendirilmesi ve farklı boru tasarımlarının mekanik performanslarının karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Deney öncesinde numuneler alt yükleme plakası üzerine eksenleri yükleme doğrultusuna dik olacak şekilde yerleştirilmiş ve üst yükleme plakasının numune yüzeyi ile tam temas etmesi sağlanmıştır. Numunelerin merkezlenmesine özen gösterilerek yükün kesit boyunca simetrik uygulanması sağlanmış ve eksantrik yüklemeden kaynaklanabilecek ölçüm hataları en aza indirilmiştir. Her iki hibrit katman dizilimi için üçer adet olmak üzere toplam altı numune aynı deney koşullarında test edilmiştir. Radyal basma deneyleri 12,5 mm/dk sabit yükleme hızında gerçekleştirilmiş ve deney süresince uygulanan yük ile buna karşılık gelen yer değiştirme değerleri bilgisayar kontrollü veri toplama sistemi aracılığıyla sürekli olarak kaydedilmiştir. Elde edilen yük–yer değiştirme eğrileri, hibrit kompozit boruların elastik deformasyon davranışının, yük taşıma kapasitesinin ve radyal rijitlik karakteristiklerinin değerlendirilmesinde temel veri kaynağını oluşturmuştur.



Şekil 1. ASTM D2412 standardına uygun olarak gerçekleştirilen radyal basma deney düzeneği (Shimadzu AGS-X 10 kN).

3.2. Boru Sertliği (PS) ve Sertlik Faktörü (SF) Hesaplamaları

Radyal basma deneylerinden elde edilen yük–yer değiştirme verileri kullanılarak hibrit kompozit boruların boru sertliği (Pipe Stiffness, PS) ve sertlik faktörü (Stiffness Factor, SF) değerleri ASTM D2412 standardı esas alınarak hesaplanmıştır. Boru sertliği, belirli bir deformasyon seviyesinde uygulanan yükün numune boyuna ve deformasyon miktarına oranlanmasıyla belirlenmiş olup Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$PS = \frac{F}{\Delta y \cdot L} \quad (1)$$

Burada PS boru sertliğini (MPa), F uygulanan yükü (N), Δy düşey deformasyonu (mm) ve L numune boyunu (mm) ifade etmektedir.

Boru sertliği değerleri hesaplandıktan sonra, farklı geometrik özelliklere sahip boruların radyal mekanik performanslarının ortak bir parametre üzerinden karşılaştırılabilmesi amacıyla Sertlik Faktörü (SF) hesaplanmıştır. SF değeri ASTM D2412 standardında verilen bağıntıya göre Eşitlik (2) yardımıyla belirlenmiştir.

$$SF = 0.149 \times r^3 \times PS \quad (2)$$

Burada SF sertlik faktörünü, r borunun ortalama yarıçapını (mm) ve PS boru sertliğini (MPa) ifade etmektedir.

Bu çalışmada tüm deney numuneleri aynı geometrik özelliklerde üretildiğinden, PS ve SF değerleri üzerindeki farklılıkların yalnızca hibrit katman diziliminden kaynaklandığı kabul edilmiştir. Hesaplanan PS ve SF değerleri kullanılarak her deney grubu için ortalama, standart sapma ve değişim katsayısı (CV) belirlenmiş; böylece katman diziliminin radyal sertlik performansı ile deneysel tekrarlanabilirlik üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

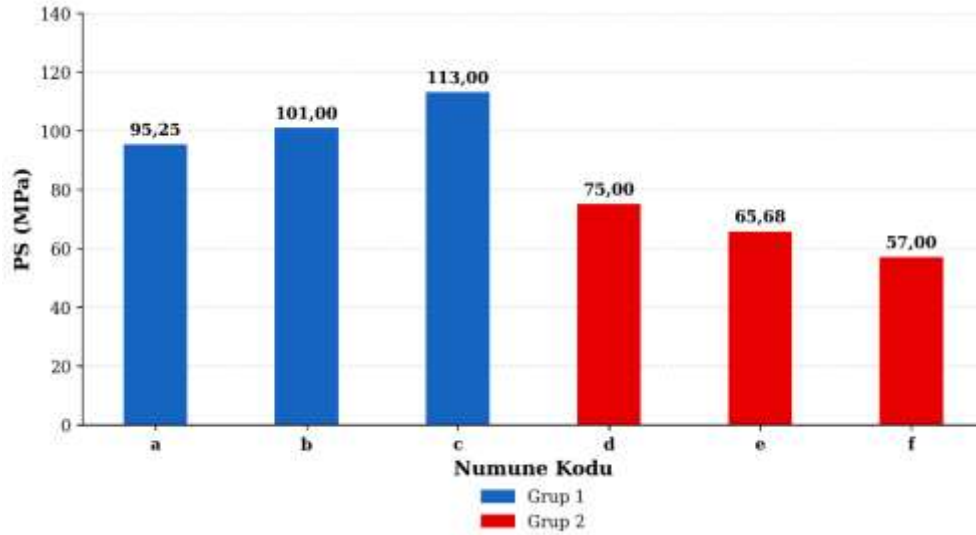
3.2. Boru Sertliği (Pipe Stiffness, PS) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Radyal basma deneylerinden elde edilen yük–yer değiştirme verileri kullanılarak ASTM D2412 standardı doğrultusunda her bir numuneye ait Boru Sertliği (Pipe Stiffness, PS) değerleri hesaplanmıştır. Boru sertliği, kompozit boruların radyal yükler altında deformasyona karşı gösterdiği direncin önemli bir göstergesi olup, yüksek PS değerleri borunun daha yüksek radyal rijitliğe sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle PS parametresi, özellikle dış yükler altında çalışan kompozit boruların mekanik performansının değerlendirilmesinde temel kriterlerden biri olarak kabul edilmektedir. Deney gruplarına ait hesaplanan PS değerleri ile ortalama değer, standart sapma ve değişim katsayısı (CV) sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Deney gruplarına ait boru sertliği (pipe stiffness, PS) değerleri

Deney grubu	Numune kodu	PS (MPa)	Ortalama (MPa)	Standart sapma (MPa)	Değişim katsayısı (%)
Grup 1	a	95,25			
	b	101,00	103,08	9,06	8,79
	c	113,00			
Grup 2	d	75,00			
	e	65,68	65,68	9,05	13,89
	f	57,00			

Tablo 6 incelendiğinde, Grup 1 numunelerinin ortalama 103,08 MPa boru sertliği (PS) değerine ulaştığı, Grup 2 numunelerinde ise ortalama boru sertliği (PS) değerinin 65,68 MPa olduğu görülmektedir. Buna göre ilk katmanı karbon elyaf olan $[\pm 45^\circ K/\pm 45^\circ C/\pm 75^\circ K/\pm 75^\circ C]$ dizilimine sahip hibrit kompozit borular, ilk katmanı cam elyaf olan $[\pm 45^\circ C/\pm 45^\circ K/\pm 75^\circ C/\pm 75^\circ K]$ dizilimine göre yaklaşık %58 daha yüksek boru sertliği sergilemiştir. Grup 1 numunelerinde elde edilen daha yüksek PS değerleri, karbon elyafın yüksek elastisite modülünün radyal yüklerin boru kesiti boyunca daha etkin dağıtılmasına katkı sağlamasıyla açıklanabilir. Buna karşılık Grup 2 numunelerinde ilk katmanda cam elyafın yer alması nedeniyle aynı yükleme koşullarında daha düşük radyal rijitlik elde edilmiştir. Deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde standart sapma değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Değişim katsayısı Grup 1 için %8,79, Grup 2 için ise %13,89 olarak hesaplanmıştır. Daha düşük değişim katsayısı Grup 1 numunelerinde daha yüksek tekrarlanabilirliğe işaret etmektedir.



Grafik 1. Deney gruplarına ait ortalama boru sertliği (pipe stiffness, PS) değerlerinin karşılaştırılması

Grafik 1 incelendiğinde, Grup 1'e ait ortalama PS değerinin Grup 2'ye göre belirgin şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Grafiksel karşılaştırma, tablo verilerini desteklemekte ve karbon elyafın iç katmanda konumlandırıldığı hibrit dizilimin radyal yükler altında daha yüksek rijitlik sağladığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, elde edilen PS değerleri hibrit kompozit boruların radyal sertlik performansının katman diziliminden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. İlk katmanda karbon elyafın kullanıldığı hibrit yapı, hem daha yüksek boru sertliği hem de daha düşük deneysel saçılım sergileyerek radyal yükler altında daha avantajlı bir mekanik performans ortaya koymuştur.

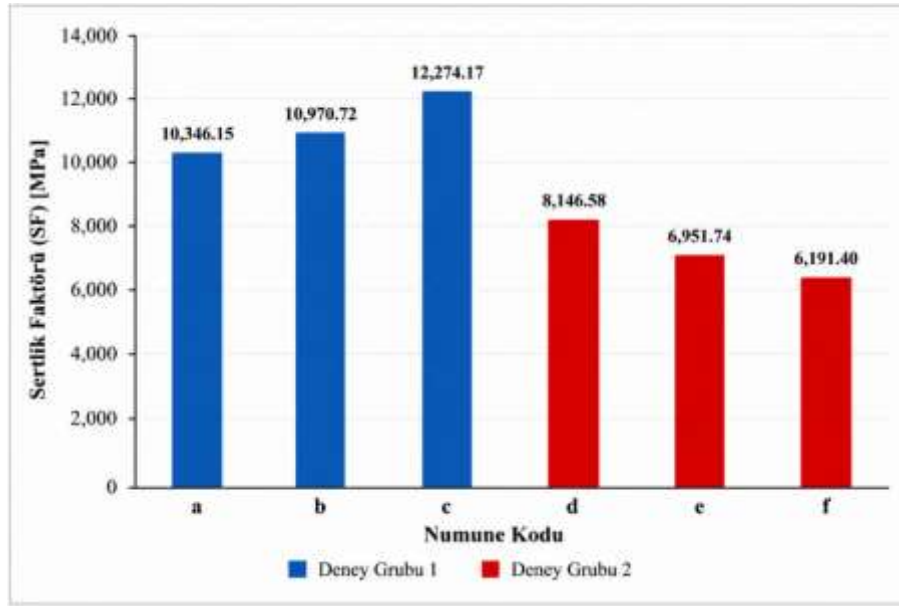
3.3. Sertlik Faktörü (Stiffness Factor SF) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Radyal basma deneylerinden elde edilen boru sertliği (Pipe Stiffness, PS) değerleri kullanılarak her bir numune için sertlik faktörü (stiffness factor, SF) hesaplanmıştır. SF, boru sertliğinin boru geometrisi ile birlikte değerlendirilmesini sağlayan önemli bir performans parametresi olup, farklı tasarımlara sahip kompozit boruların radyal mekanik davranışlarının karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle yalnızca PS değerlerinin değil, buna bağlı olarak hesaplanan SF değerlerinin de değerlendirilmesi, hibrit katman diziliminin radyal rijitlik üzerindeki etkisinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulmasını sağlamaktadır.

Tablo 7. Deney gruplarına ait sertlik faktörü (stiffness factor, SF) değerleri

Deney Grubu	Numune	SF
Grup 1	a	10 346,15
	b	10 970,72
	c	12 274,17
	Ortalama	11 197,01
	Standart sapma	983,73
	CV (%)	8,79
Grup 2	d	8 146,58
	e	6 951,74
	f	6 191,40
	Ortalama	7 096,57
	Standart sapma	985,60
	CV (%)	13,89

Tablo 7 incelendiğinde, Grup 1'e ait ortalama SF değerinin 11 197,01, Grup 2'ye ait ortalama SF değerinin ise 7 096,57 olduğu görülmektedir. İlk katmanı karbon elyaf olan hibrit kompozit borular, ilk katmanı cam elyaf olan numunelere göre yaklaşık %58 daha yüksek sertlik faktörü göstermiştir. SF değerleri, boru geometrisinin etkisini de dikkate aldığı için tasarım açısından daha kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Tüm numunelerin geometrileri aynı olduğundan, gözlenen farklılıklar doğrudan hibrit katman diziliminden kaynaklanmaktadır. Deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde Grup 1 için değişim katsayısı %8,79, Grup 2 için ise %13,89 olarak hesaplanmıştır. Daha düşük değişim katsayısı, Grup 1 numunelerinde daha yüksek deneysel tekrarlanabilirlik olduğunu göstermektedir.



Grafik 2. Deney gruplarına ait ortalama Stiffness Factor (SF) değerlerinin karşılaştırılması.

Grafik 2’de veriler incelendiğinde, Grup 1’e ait ortalama SF değerinin Grup 2’ye göre belirgin şekilde daha yüksek olduğu görülmektedir. Grafiksel değerlendirme, karbon elyafın iç katmanda yer aldığı hibrit dizilimin daha yüksek yapısal rijitlik sağladığını desteklemektedir. Sonuç olarak, PS ve SF parametreleri birlikte değerlendirildiğinde, ilk katmanı karbon elyaf olan $[\pm 45^\circ K/\pm 45^\circ C/\pm 75^\circ K/\pm 75^\circ C]$ diziliminin radyal yükler altında daha yüksek rijitlik, daha düşük deformasyon eğilimi ve daha yüksek deneysel tekrarlanabilirlik sağladığı belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, filament sarma yöntemiyle üretilen iki farklı hibrit katman dizilimine sahip kompozit boruların radyal mekanik performansları Pipe Stiffness (PS) ve Stiffness Factor (SF) parametreleri kullanılarak deneysel olarak değerlendirilmiştir. Radyal basma deneyleri ASTM D2412 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar katman diziliminin radyal sertlik üzerindeki etkisi açısından karşılaştırılmıştır. Deneysel bulgular, hibrit kompozit boruların radyal mekanik performansının yalnızca kullanılan takviye malzemesine değil, aynı zamanda katmanların yerleşim sırasına da önemli ölçüde bağlı olduğunu göstermiştir. İlk katmanda karbon elyaf bulunan $[\pm 45^\circ K/\pm 45^\circ C/\pm 75^\circ K/\pm 75^\circ C]$ dizilimine sahip numuneler, hem Pipe Stiffness (PS) hem de Stiffness Factor (SF) bakımından ilk katmanda cam elyaf bulunan $[\pm 45^\circ C/\pm 45^\circ K/\pm 75^\circ C/\pm 75^\circ K]$ dizilimli numunelerden daha yüksek performans sergilemiştir. Ortalama PS değerinin 103,08 MPa, ortalama SF değerinin ise 11 197,01 olarak belirlenmesi, bu katman diziliminin radyal yükler altında daha yüksek yapısal rijitlik sağladığını ortaya koymuştur. İlk katmanda cam elyaf kullanılan hibrit dizilimde ortalama PS değeri 65,68 MPa, ortalama SF değeri ise 7 096,57 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, karbon elyafın iç katmanda

konumlandırılmasının yük aktarım mekanizmasını iyileştirdiğini, radyal deformasyonu sınırlandırdığını ve boru kesitinin rijitliğini daha etkin şekilde koruduğunu göstermektedir. İstatistiksel değerlendirme sonucunda Grup 1 numunelerinde değişim katsayısının daha düşük olduğu belirlenmiş ve bu durum söz konusu katman diziliminin yalnızca daha yüksek mekanik performans sağlamadığını, aynı zamanda daha kararlı ve tekrarlanabilir deney sonuçları verdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, üretim kalitesi ve tasarım güvenilirliği açısından da önemli bir avantaj sağlamaktadır. PS ve SF parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi, hibrit kompozit boruların radyal mekanik performansının belirlenmesinde birbirini tamamlayan iki temel kriter olduğunu göstermiştir. Özellikle aynı geometriye sahip boruların karşılaştırılmasında bu iki parametrenin birlikte kullanılması, katman diziliminin mekanik davranış üzerindeki etkisinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak, filament sarımlı hibrit kompozit boruların tasarımında katman diziliminin dikkatle belirlenmesi gerektiği ve ilk katmanda karbon elyafın tercih edilmesinin radyal sertlik performansını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Bu çalışma, hibrit kompozit boruların altyapı sistemleri, basınçlı boru uygulamaları ve yüksek rijitlik gerektiren mühendislik uygulamalarında tasarım optimizasyonuna katkı sağlayacak deneysel veriler sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda farklı sarım açıları, farklı katman sayıları, değişik hibrit oranları ve farklı boru geometrileri kullanılarak PS ve SF parametrelerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca deneysel sonuçların sonlu elemanlar analizleri ile desteklenmesi, hibrit kompozit boruların radyal yükleme davranışının daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ASTM International. (2022). *ASTM D2412-22: Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading*. ASTM International.
- Baker, A., Dutton, S., & Kelly, D. (2004). *Composite materials for aircraft structures* (2nd ed.). AIAA.
- Campbell, F. C., Jr. (2003). *Manufacturing processes for advanced composites*. Elsevier.
- Chawla, K. K. (2012). *Composite materials: Science and engineering* (3rd ed.). Springer.
- Eggers, F., Almeida, J. H. S., Azevedo, C. B., & Amico, S. C. (2019). Mechanical response of filament wound composite rings under tension and compression. *Polymer Testing*, 78, Article 105951. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.105951>
- Hamed, A. F., Khalid, Y. A., Sapuan, S. M., Hamdan, M. M., Younis, T. S., & Sahari, B. (2007). Effects of winding angles on the strength of filament wound composite tubes subjected to different loading modes. *Polymers and Polymer Composites*, 15(3), 195–202. <https://doi.org/10.1177/096739110701500304>
- Hull, D., & Clyne, T. W. (1996). *An introduction to composite materials* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber-reinforced composites: Materials, manufacturing, and design* (3rd ed.). CRC Press.
- Swolfs, Y., Gorbatiikh, L., & Verpoest, I. (2014). Fibre hybridisation in polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 67, 181–200. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.08.027>
- Wang, Q., Wu, W., & Li, W. (2018). Compression properties of interlayer and intralayer carbon/glass hybrid composites. *Polymers*, 10(4), Article 343. <https://doi.org/10.3390/polym10040343>

THE USE OF PIV AND DIC METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING

Research Assistant, Zehra ERTOSUN KARABULUT

Muş Alparslan University, Civil Engineering, z.ertosun@alparslan.edu.tr, [0000-0002-3397-6443](tel:0000-0002-3397-6443)

Abstract

In geotechnical engineering, understanding soil and rock deformation behavior is of great importance for the safe assessment of slope stability, foundation and pile behavior, retaining structures, buried pipes, tunnels, embankments, and soil–structure interaction problems. Traditional experimental measurement methods generally provide parameters such as load, settlement, stress, or displacement from specific points within the soil. Although these methods are useful for evaluating the overall response of geotechnical systems, they may remain insufficient for the comprehensive assessment of deformation zones, shear bands, crack development, and failure mechanisms within soil or rock masses. For this reason, image-based measurement techniques have become increasingly important in experimental geotechnics in recent years. This study is a literature-based review examining the use of Particle Image Velocimetry (PIV) and Digital Image Correlation (DIC) methods in geotechnical engineering. PIV determines displacement vectors by tracking the movement of soil particles, markers, or surface texture in sequential images. DIC, on the other hand, is used to obtain full-field displacement and deformation data by correlating digital images of the observed surface. Both methods provide non-contact measurement capability and contribute to the evaluation of soil and rock behavior not only at specific points but across the entire observation area. This paper discusses the basic principles, application areas, advantages, and limitations of PIV and DIC methods in geotechnical engineering. In particular, the contributions of these methods to slope stability, foundation and pile behavior, buried pipe–soil interaction, geogrid-reinforced soils, retaining walls, tunnel models, embankments, desiccation cracking, trapdoor tests, direct shear tests, and laboratory model tests are evaluated. Overall, the reviewed studies show that PIV and DIC methods provide valuable full-field deformation data, support the visual interpretation of experimental results, and contribute to a more detailed understanding of deformation and failure mechanisms in geotechnical engineering.

Keywords: PIV, DIC, geotechnical engineering, soil deformation, soil-structure interaction

1. INTRODUCTION

Image-based measurement methods have become important experimental tools in geotechnical engineering, enabling the assessment of soil deformations not only at specific points but across the entire observation area. While traditional measurement systems obtain quantities such as load, displacement, or stress from a limited number of points, image-based methods allow for more detailed monitoring of displacement fields, shear bands, local deformation zones, and progressive failure mechanisms developing within the soil mass. White, Take, and Bolton (2003) demonstrated that planar soil deformations can be measured with high accuracy using digital images by developing a system based on PIV and close-range photogrammetry. This study is considered one of the foundational works in the widespread adoption of the PIV method in geotechnical model experiments. Similarly, Stanier et al. (2016) demonstrated that image-based deformation measurements can be performed more reliably and reproducibly for geotechnical applications using the GeoPIV-RG software. The DIC method, on the other hand, is used specifically to determine surface displacement and strain fields; it has yielded successful results in reduced-scale geotechnical model tests such as shallow foundation, trap-lid, retaining wall, and geogrid tensile tests. Tong et al. (2022) noted that the DIC technique contributes to a more detailed interpretation of experimental observations by enabling full-field deformation measurement in geotechnical laboratory tests. For this reason, image-based methods such as PIV and DIC play a significant role in many geotechnical problems-including slope stability, foundation behavior, retaining structures, buried pipe-soil interaction, and geosynthetic-reinforced soils in terms of visually verifying experimental results and generating data comparable to numerical analyses.

In geotechnical engineering, a proper understanding of soil behavior is of great importance for the safe assessment of slope stability, foundation bearing capacity, retaining structures, tunnels, buried pipes, excavations, and soil-structure interaction problems. Soils often do not exhibit homogeneous deformation under loading; instead, localized deformations, slip bands, failure surfaces, settlement pits, and progressive failure mechanisms develop in specific areas. Traditional experimental measurement methods typically obtain data from specific points using devices such as load cells, displacement transducers, pressure cells, strain gauges, or LVDTs. While these measurements are useful for a general assessment of experimental behavior, they are limited in their ability to fully reveal, on a full-field basis, where deformation begins within the soil mass, in which direction it develops, and how the failure mechanism forms. For this reason, the use of image-based measurement methods in geotechnical model tests has increased significantly in recent years. Particle Image Velocimetry (PIV) and Digital Image Correlation (DIC) are among the most commonly used image-based measurement techniques in geotechnical engineering. Both methods rely on the analysis of sequential digital images captured during an experiment. The primary objective of these methods is to non-contactly measure the displacement and deformation fields occurring in the test specimen or soil model. The PIV method obtains displacement vectors by tracking the movement of soil particles, the natural soil texture, or surface markers in the images. The DIC method, on the other hand, calculates displacement and deformation fields by determining the positional changes of random patterns or speck structures on a surface across successive images through correlation. Although the PIV method was originally developed to determine velocity fields in fluid mechanics, it has been successfully adapted in geotechnical engineering to track the motion of soil particles. White, Take, and Bolton (2003) developed a system based on PIV and close-range photogrammetry, demonstrating that planar soil deformations can be measured with high accuracy from digital images. This study is considered one of the foundational works in the widespread adoption of the PIV method in geotechnical model experiments. In the study, the movement of small image regions on the soil surface was tracked using digital photographs, thereby enabling detailed measurements of soil deformations. Subsequently, the GeoPIV-RG approach developed by Stanier, Blaber, Take, and White (2016) improved the accuracy and repeatability of image-based deformation measurements in geotechnical applications; this method was evaluated by comparing it with known displacement fields on

synthetic images. Such studies demonstrate that the PIV method is not merely a visual observation tool in experimental geotechnical engineering, but also a reliable measurement method capable of generating numerical data. In PIV analysis, the experimental setup typically includes a transparent surface, and the camera is positioned perpendicular to this surface. Images are captured at specific time intervals during the experiment. These images are then divided into small analysis regions. The position of each region in the next image is determined using correlation algorithms. In this way, a displacement vector is calculated for each region. Using the obtained vectors, soil movement directions, deformation zones, slip surfaces, and failure mechanisms can be interpreted. In this regard, PIV is particularly useful in geotechnical model experiments where large displacements and particle movements are observed. The DIC method, on the other hand, is a powerful optical measurement technique used specifically to determine areas of surface displacement and deformation. In DIC analysis, the surface to be measured typically requires a random speckle pattern. This pattern can either result from the natural surface texture or be artificially created. During the analysis process, the initial image is taken as the reference image and compared with subsequent images. Full-field displacement maps are created by determining the positional changes of image subregions. Strain distributions can also be obtained from these displacement fields. Take (2015) noted that digital image correlation (DIC) is an image processing technique used to visualize geotechnical processes by calculating the incremental displacement fields between two images. In this regard, DIC can reveal not only the direction of soil improvement but also the regions where deformation is concentrated. The use of the DIC method in geotechnical laboratory tests has increased in recent years. Tong and Yoo (2022) demonstrated that the DIC technique can be applied in reduced-scale geotechnical model tests, such as shallow foundation, trap-lid, retaining wall, and geogrid tensile tests. This study highlights the importance of the DIC method in providing full-field deformation measurements in geotechnical tests. The DIC method is a particularly effective tool for investigating local surface deformations, strain concentrations, soil-reinforcement interaction, and failure zones. In geotechnical engineering, PIV and DIC methods are used for many types of problems. In slope stability studies, these methods can be used to observe the formation and progression of the slip surface. Slope failure often develops along a specific surface, and it is difficult to determine how this surface forms during an experiment using conventional measurement devices. When PIV or DIC is used, the areas of displacement and local deformation zones developing on the slope model can be visually tracked. This allows for a clearer assessment of the starting point of slope failure, its direction of propagation, and the ultimate failure mechanism.

In foundation engineering applications, the PIV and DIC methods are used to determine the soil deformation mechanisms that occur beneath the foundation. In shallow foundation tests, as the load increases, compression zones, shear wedges, and potential failure surfaces develop beneath the foundation. While traditional load-settlement curves show the overall result of foundation behavior, image-based methods reveal how this behavior develops within the soil. This allows for a clearer distinction between general shear, local shear, or punching-type failure mechanisms. PIV and DIC also make significant contributions to the analysis of retaining walls and excavation problems. As a result of the horizontal movement of a retaining wall, active or passive failure zones form in the soil mass behind it. PIV analysis can visualize soil movements behind the wall in vector form. DIC analysis, on the other hand, can identify deformation concentrations and strain zones around the wall. This makes it possible to experimentally evaluate classical Rankine or Coulomb soil pressure assumptions, investigate the effect of the wall's movement pattern on soil behavior, and validate the results of numerical analyses. Studies on buried pipe-soil interaction are another area where image-based measurement methods are particularly useful. Buried pipes may be subjected to loads in various directions due to landslides, earthquakes, soil settlement, frost heave, excavation effects, or inclined soil movements. As the pipe moves upward, shifts horizontally, or relocates within the soil, a complex field of soil movement develops around the pipe. The PIV method enables the identification of the passive resistance zone, slip surfaces, and deformation propagation by tracking the movement of soil particles around the pipe. The DIC method, on the other hand, can be used specifically to analyze local deformations and strain concentrations that form on the model surface. This allows for a more detailed

examination of the effects of parameters such as pipe diameter, burial depth, soil density, slope angle, and the use of geosynthetic reinforcement on pipe-soil interaction. In geosynthetic-reinforced soils, the PIV and DIC methods are used to evaluate both soil movement and reinforcement deformation. Reinforcement elements such as geogrids or geotextiles limit deformations by providing tensile resistance within the soil. However, the extent to which the reinforcement is mobilized, how it interacts with the soil, and in which regions it is effective during failure may not be fully determined using conventional measurement methods. The DIC method can be used, particularly in geogrid tensile tests, to determine the strain distribution on the reinforcement. PIV, on the other hand, is suitable for observing soil movements around the reinforcement. The combined use of these two methods contributes to a more comprehensive evaluation of the reinforcement-soil interaction. Image-based measurement methods also provide useful data for tunnel and underground opening problems. Stress relief occurs within the soil during tunnel excavation, and this can lead to surface settlements, deformation zones around the tunnel, and potential failure mechanisms. Using PIV and DIC on laboratory-scale tunnel models, soil movements around the tunnel, the formation of settlement pits, the arching effect, and failure mechanisms can be visually examined. This data provides valuable insights for tunnel design and numerical model calibration.

One of the most significant contributions of the PIV and DIC methods to geotechnical engineering is that experimental results are supported not only by numerical values but also by visual deformation fields. The displacement vectors, contour maps, and strain distributions obtained from these methods allow for a clearer interpretation of the behavior observed in the experiment. Furthermore, numerical analysis methods such as the finite element method and the finite difference method similarly generate displacement and deformation fields. Therefore, PIV and DIC results can be used for model validation and calibration by comparing them with numerical model results. However, the PIV and DIC methods also have certain limitations. Measurement accuracy depends largely on image quality, camera resolution, lighting conditions, camera stability, the texture of the analysis surface, and the selected analysis parameters. In PIV analysis, sufficient visual texture or particle contrast must be present on the substrate surface. In DIC analysis, the presence of a suitable and randomly distributed speckle pattern is important. Furthermore, out-of-plane motions in two-dimensional analyses can lead to measurement errors. Therefore, the experimental setup must be designed to meet plane strain conditions, camera calibration must be performed correctly, and boundary effects must be taken into account. When comparing the PIV and DIC methods, it can be said that PIV focuses more on obtaining displacement vectors from particle or groundmass motion, while DIC is aimed at determining displacement and deformation fields on the surface in greater detail. PIV is particularly effective for tracking large movements in the soil mass, slip surfaces, and particle motion. DIC, on the other hand, can provide more detailed information on issues such as local deformation, strain concentration, surface cracks, and reinforcement deformation. However, the boundaries between the two methods are not always clear-cut in practice, as both are full-field measurement techniques based on the correlation of digital images.

This study aims to examine the use of Particle Image Velocimetry (PIV) and Digital Image Correlation (DIC) methods in geotechnical engineering through a literature-based review. Within the scope of the study, the fundamental principles of these image-based measurement techniques, their experimental application requirements, application areas, advantages, and limitations are discussed within a general evaluation framework. Particular attention is given to their use in geotechnical problems such as slope stability, foundation and pile behaviour, retaining structures, buried pipe-soil interaction, tunnel models, embankments on soft soils, geosynthetic-reinforced soils, seepage-induced instabilities, desiccation cracking, trapdoor tests, and direct shear tests. Overall, the study emphasizes that PIV and DIC methods provide valuable full-field displacement and deformation data and can serve as complementary tools to traditional point-based measurement techniques in experimental geotechnical studies.

2.METHODS

This study is a literature-based review examining the use of PIV and DIC methods in geotechnical engineering. Within the scope of the study, research examining the applications of image-based measurement techniques in various geotechnical problems was reviewed, and PIV and DIC applications were evaluated under separate headings. Studies related to the PIV method have been addressed in areas such as foundation-soil interaction, pile behavior, fill applications, landslides, seepage-induced instabilities, retaining walls, and geogrid-soil interaction. Studies related to the DIC method have been examined in terms of tunnel behavior, shrinkage cracks, swelling soils, slope models, trapdoor experiments, direct shear tests, and parameters affecting measurement accuracy. The reviewed studies were evaluated considering which geotechnical problem the image-based measurement methods were used for, what type of displacement or deformation data they provided, and how they contributed to the interpretation of soil/rock behavior. Additionally, the PIV and DIC methods have been addressed within a general framework in terms of their general measurement principles, data outputs, application areas, advantages, and limitations. In this study, no new experimental application or numerical analysis has been conducted, and the findings are based on the thematic classification and interpretation of existing literature.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. PIV Method Application Areas

In their study, Moradi et al. discussed the deformation mechanisms of the soil during loading and unloading, and the causes of settlement or uplift of the foundation. Changes in the effective soil-foundation contact area in different loading cycles were also examined based on PIV results. In 1g conditions, reduced-scale slow-cycle tests were performed and soil movements were measured using the PIV method. The results showed that three basic deformation mechanisms developed: soil consolidation, wedge deformation and bucket deformation. White et al. It has developed a deformation measurement system based on PIV and close-range photogrammetry for use in geotechnical tests. The system uses digital images to track the soil texture and obtain high-precision displacement vectors from multiple points. One of the most important advantages of PIV is that it can make measurements using the natural image texture without the need to place markers on the soil. The validation experiments conducted in the study demonstrate that the method provides higher accuracy, precision and resolution than previous image-based methods. Dadashzadeh et al. investigated the creep behavior of clayey-marly rock samples from the city of Tabriz using uniaxial compressive creep tests and the Geo-PIV technique. The study determined the micro-scale displacement and velocity fields occurring in the rock samples under long-term loading through PIV analyses. The results demonstrated that creep behavior is significantly influenced by mineralogical composition, microstructure, loading conditions, and environmental factors. Creep failure occurred in the samples within 3 to 12 days, and the deformation process proceeded through three fundamental creep stages. Furthermore, PIV analyses enabled a detailed assessment of microstructural deformations, fracture mechanisms, and anisotropic behavior, alongside macro-cracks. These findings indicate that the Geo-PIV method is an effective tool for investigating time-dependent rock deformation and for correlating micro-scale deformation processes with macroscopic failure behavior. Yang et al., examined the behavior of laterally loaded piles in sand soil with three-dimensional scour pits using the PIV method. In the study, the effects of the relative density of the sand, pile stiffness and scour pit size on soil deformation were evaluated. According to the results, it was determined that as the lateral load increased, soil deformation developed in radial and vertical directions in the passive region around the pile, and in the active region behind the pile, the soil could slide towards the resulting gap.

Reshma et al., examined the performance of base geogrid and pile support in rapid fill construction on soft foundation soils using centrifugal model experiments and the PIV method. In the study, unreinforced and reinforced fillings; It was evaluated in terms of maximum base settlement, lateral displacements in the toe of the fill, geogrid unit deformations and soil failure mechanisms. According to the results, in the reinforced fill without

pile support, the largest geogrid axial deformation occurred in the region close to the toe of the fill, while in the pile supported reinforced fill, this deformation was concentrated in the middle part of the fill. Shear strain contours obtained from PIV analyzes enabled the visual determination of ground deformations and failure mechanisms under different support conditions. The study shows that the PIV method is an effective tool for examining deformation behavior and failure mechanisms in rapid embankment construction on soft soils. Menon and Kolathayar examined rainfall-induced debris flow/landslide formation on c- ϕ soils, which are common in the Western Ghats region of India, under laboratory conditions. In the experiments, a 45° inclined slope was modeled with an inclined channel arrangement and artificial rainfall of 30 mm/hour was applied. In the study, pore water pressure changes were monitored; Additionally, the development of surface cracks was evaluated with an OpenCV-based masking algorithm. Particle velocity and displacement behaviors were determined from high-resolution camera images using PIV and DIC methods. The results showed that the sudden drop in pore water pressure was associated with the formation of shear cracks on the surface and the onset of soil movement. Therefore, the study reveals that PIV and DIC methods are effective in confirming rainfall-induced landslide initiation and determining deformation indicators for early landslide prediction. Sanvitale et al., used experimental and numerical methods together to examine the particle-scale mechanisms of seepage-induced soil instability. In the experiments, transparent soil samples created by refractive index matching were used and the flow fields were monitored by the PIV method. Three-dimensional space structure was extracted from two-dimensional images and transferred to CFD analyses. Permeability; It was evaluated with three different approaches: flow measurements, PIV data and CFD results. It has been stated that the flow fields obtained by PIV and CFD are compatible, which indicates that the three-dimensional void structure and flow field have been successfully recreated. The study reveals that the PIV method, when used in conjunction with transparent soil and CFD analyses, makes a significant contribution to the understanding of infiltration-induced instabilities at the particle scale. Yun Kim et al., examined the effect of sand soils treated with xanthan gum biopolymer and geogrid reinforcement on lateral earth pressure as an environmentally friendly improvement method in retaining wall fillings. In the experiments, a bottom-rotating retaining wall model was used and soil deformations were evaluated by PIV analysis. The filler cured with xanthan gum biopolymer was initially handled under two different conditions: wet and dried. According to the results, the effect of biopolymer additive in reducing lateral soil pressure was limited in the wet condition. In contrast, decrease significant in lateral earth pressure occurred when geogrid was placed within the biopolymer layer or when the biopolymer soil was dried. It has been stated that this decrease is due to the limitation of soil deformation in the reinforcement area and the confinement effect on the surrounding soil. The study shows that PIV analysis is effective in evaluating soil deformations behind the retaining wall and that biopolymer-geogrid supported fillings can contribute to more economical and safe retaining wall designs. Abdi et al., examined the effect of using small welded metal plates/protrusions to increase the tensile strength of commercial geogrids. Soil deformations and particle displacements at the soil-geogrid interface and around the protrusions were evaluated by the PIV method. In the study, soil grain size, overburden pressure, ledge height and location pattern of ledges were taken into consideration. According to the results, protrusions are effective in increasing geogrid tensile strength; It was observed that this effect became more pronounced as the protrusion height and distance to the tensile load increased. PIV images showed that larger soil deformations and particle displacements occurred in coarser-grained soils and higher overburden pressures. The study reveals that protruding geogrids can provide the necessary design conditions with shorter reinforcement lengths and, in this respect, can offer economical and applicable solutions in slopes reinforced with reinforced soil walls. As a result, applications in the literature show that the PIV method can be used successfully in different soil-structure interaction problems in geotechnical engineering. PIV stands out as an important image-based measurement method that strengthens the interpretation of experimental geotechnical studies, especially since it allows full-area determination of displacement areas, deformation zones, slip surfaces and failure mechanisms.

3.2. DIC Method Application Areas

The DIC method is an important image-based measurement technique used in geotechnical engineering to determine displacement and deformation fields in soil and rock materials without contact and over the entire area. In the literature, this method is used to determine shear bands, local deformation zones, crack development, and failure mechanisms, providing more comprehensive deformation data compared to traditional point measurement methods. Therefore, DIC applications contribute to a more detailed interpretation of deformation behavior in geotechnical experiments and the comparison of experimental results with numerical analyzes. Chen et al. evaluated how DIC/PIV methods used in geotechnical engineering to calculate soil displacements should be applied in terms of accuracy and efficiency. The study specifically addressed the effects of analysis parameters used in commercial and open-source DIC/PIV software on the accuracy of the results. In addition, new algorithms were developed to address specific problems encountered when using the DIC technique in geotechnical research. The effectiveness of the proposed methods and application guidelines was demonstrated through the examples and comparisons presented. Overall, the study highlights that parameter selection is critical in DIC/PIV analyses and that more reliable displacement fields can be obtained in geotechnical experiments using the correct algorithms. In the study conducted by Take, it was noted that the DIC method is an image processing technique that determines full-field incremental displacement fields with high accuracy by comparing two digital images. In the study, it was emphasized that DIC is an effective method for visualizing failure mechanisms and quantitatively assessing deformation behavior in geotechnical problems such as shallow foundation settlement, physical model landslide experiments, and soil-structure interaction. Chouhan and Chavda emphasized that the DIC method is a non-contact, full-field, economical, and effective image-based measurement technique used to determine soil displacements, deformations, large deformations, and the development of failure zones in experimental geotechnics. In the study, factors affecting the accuracy of DIC analysis, such as the type of camera, sensor characteristics, image acquisition and processing, artificial lighting, and surface patterning methods, were evaluated. Additionally, the application areas, limitations, and future potential of DIC in geotechnical engineering have been discussed. Overall, the study demonstrates that the practical structure of the DIC method can significantly contribute to accurately determining soil displacements in experimental geotechnical modeling. Huang et al. have investigated the stability behavior and renewal process of a tunnel located near a fault zone thru large-scale physical model experiments. In the experiments, they utilized the non-contact DIC method to determine the displacements occurring in the rock mass surrounding the tunnel in a full-field manner. According to the obtained results, it has been determined that the fault zone located near the tunnel shoulder has significant effects on the surrounding rock behavior; it plays a critical role, especially in terms of strain concentration, crack initiation, and failure development. With the increasing surcharge load, it has been stated that cracks first formed on the side walls of the tunnel, then progressed to the left shoulder and crown area, and ultimately reached the fault zone, leading to asymmetric subsidence. Additionally, the authors stated that the stress relaxation zone formed after the tunnel excavation is affected by the fault zone and that it would be appropriate to reinforce the rock mass between the tunnel and the fault zone to increase stability. Wang et al. have investigated the initiation and progression behavior of drying cracks in mud-like soil samples with different types and numbers of surface defects thru laboratory experiments. They utilized the DIC method to monitor the strain and displacement fields on the ground surface throughout the drying process. According to the obtained results, DIC data has been effective in determining where the drying cracks will start and in which direction they will progress. In samples with internal defects, it was observed that cracks mostly passed thru the defect area, while in external defects, cracks started from the edges of the defect. In samples with multiple defects, it has been noted that initially Y-shaped cracks generally develop, followed by T-shaped and linear cracks. The study demonstrates that the DIC method is a successful tool for evaluating the formation of drying cracks, surface strains, and crack propagation based on tensile stress distribution. . Eichorn et al. introduced a low-cost imaging system that can be used in PIV/DIC analyzes to measure soil displacements and unit deformations in small-scale geotechnical model tests.

The researchers developed a flexible and economical setup using Raspberry Pi single-board computers and 8 MP cameras as an alternative to expensive camera systems. Due to the fact that physical markers, which are traditionally required in the use of multiple cameras, can obstruct the measurement area, a markerless calibration method was applied in the study. The soil displacement and deformation measurements were evaluated thru the setup with a four-camera system and two different experimental arrangements. The study demonstrates that low-cost Raspberry Pi-based camera systems offer a viable and economical solution for PIV/DIC analyzes in geotechnical laboratories. Agarwal and Sachan experimentally investigated the initiation, progression, and strain localization of drying cracks in lime-stabilized compacted expansive soils under controlled temperature and relative humidity conditions. In the study, digital image analysis was used to determine crack development, and the DIC method was used to evaluate strain localization. Additionally, a Python-based automatic threshold determination program has been developed to achieve more accurate crack segmentation. According to the results, it has been determined that lime addition is generally not effective in controlling shrinkage cracks in expansive soils. While lime content of 2% and lower levels have limitedly reduced crack formation, they have not sufficiently controlled swelling and shrinkage behavior. At lime contents of 3% and above, the crack pattern changed significantly, and in the case of 6% lime addition, the total crack length increased by up to 75% compared to the untreated ground. DIC results have also shown that more distinct local deformation areas form at higher lime content. Kapogianni and Sakellariou have evaluated the advanced use of PIV and DIC methods in physical model experiments conducted over the past five years. In the study, dry and partially submerged scaled slope models were tested under different conditions in the ETH Zurich geotechnical drum centrifuge and the single-degree-of-freedom earthquake simulator at NTUA. In the experiments, optical fiber measurements were used in addition to PIV and DIC techniques; the main aim was to determine the failure mechanisms and the resulting strains. Additionally, finite element-based numerical models corresponding to the physical model experiments have also been created. The study shows that when image analysis methods are used in conjunction with other measurement techniques and numerical analyzes, they contribute to a more comprehensive evaluation of the behavior of geotechnical models. Wu et al. conducted a series of trapdoor experiments to investigate the effect of soil arching in cohesive soils. In the study, the effects of different trapdoor widths and fill heights on soil arching, particle movements, and stress redistribution were evaluated. During the experiment, the advanced DIC method was used to monitor displacement fields. By evaluating the high-precision displacement maps and soil pressure measurements obtained with DIC together, the initial, development, and transition to steady state of soil arching have been detailed. The results have shown that distinct failure surfaces form in cohesive soils, and this behavior differs from the trapdoor experiments in cohesionless soils. The study shows that the DIC method is effective in understanding the arching mechanism in cohesive soils. Alhakim et al. have evaluated the applicability of the DIC method to examine the meso-mechanical behavior of soils in direct shear tests. For this purpose, a new shear box has been designed to observe the shear behavior of granular materials in more detail. In the study, the reliability of DIC measurements was examined in terms of image noise, shear displacement accuracy, and the effectiveness of the new experimental setup. In experiments conducted under four different normal stress conditions, displacement, strain, and shear angle distributions were determined. The results showed that during shearing in sand, sudden settlement, dilation behavior, and strain concentration with the formation of a shear band occurred at the interface between the shear boxes. The study demonstrates that the DIC method contributes to a more detailed examination of soil behavior by overcoming some limitations of traditional direct shear tests. Chouhan et al. have examined the parameters affecting the accuracy of DIC measurements in experimental geotechnics thru 1g model tests. In the study, variables such as the position of the camera and light panel, light color temperature, area of interest size, type and texture of sand, relative density of the sand, surface patterning ratio, type of camera, and deformation rate were evaluated. According to the results, it has been determined that the DIC measurement accuracy is particularly dependent on the camera and light position, the size of the area of interest, the sand texture, and the surface patterning ratio. In contrast, it was observed that the relative density and

deformation rate of the sand did not significantly affect the DIC results. The study also evaluated the effectiveness of DIC in measuring large deformations and the usability of smartphone cameras; recommendations were provided to obtain more accurate DIC results in experimental geotechnics.

Overall, the examined studies show that the DIC method is an effective image-based measurement technique for determining displacement, strain localization, crack development, failure surface formation, and soil-structure interaction behavior in soil and rock environments in geotechnical engineering. In the literature, the DIC method has been applied to various geotechnical problems such as tunnel stability, shrinkage cracks, deformation behavior of swelling soils, slope models, trapdoor experiments, direct shear tests, and small-scale physical model experiments. The common finding of these studies is that DIC provides more comprehensive data compared to traditional point measurement methods and allows for the quantitative and visual evaluation of deformation behavior across the entire observation area. Additionally, it is observed that experimental parameters such as camera position, lighting, image resolution, surface texture, region of interest size, and sampling rate are decisive on the accuracy of DIC results. Therefore, the DIC method can be considered a strong and reliable technique for explaining failure mechanisms in geotechnical experiments, monitoring deformation processes, and comparing experimental results with numerical analyzes when used with an appropriate experimental setup and correct image processing parameters.

3.3. Evaluation of PIV and DIC Methods Based on Literature Findings

When comparing the PIV and DIC methods, it is observed that both techniques have similar characteristics in providing contactless and image-based measurements in geotechnical engineering. However, there are some differences in the purpose of use and the data outputs provided by the methods. The PIV method primarily focuses on determining displacement vectors by tracking the movement of soil particles, natural surface textures, or marker regions in consecutive images. Therefore, PIV stands out as an effective method, especially in the study of ground movements, slip surfaces, flow behavior, displacement fields around piles or foundations, and soil-structure interaction mechanisms. The DIC method, on the other hand, enables the acquisition of full-field displacement and strain distributions based on the correlation of natural or artificial patterns on the surface. In this respect, DIC can be considered a more powerful tool for the detailed evaluation of crack development, strain localization, shrinkage cracks, deformations around tunnels, direct shear tests, and failure mechanisms. When the reviewed literature is evaluated together, it is observed that PIV provides a more significant advantage in tracking large displacements and particle movements, while DIC offers a clearer advantage in determining local deformations, strain concentrations, and crack propagation processes. PIV results are generally interpreted as displacement vectors, motion fields, and slip regions, while DIC results are evaluated as displacement maps, strain contours, and deformation concentration areas. However, the accuracy of both methods depends on image quality, camera position, lighting conditions, surface texture, analysis area size, and the image processing parameters used. Therefore, the selection of the method should be based on the type of geotechnical problem being studied, the expected deformation pattern, and the desired data output in the study. In general, PIV and DIC methods are not interchangeable but can be considered complementary image-based measurement techniques that explain deformation behavior in geotechnical experiments from different perspectives and provide more comprehensive results when used together.

PIV and DIC methods offer significant advantages over traditional point measurement techniques in evaluating the deformation behavior of soil and rock materials in geotechnical engineering. Both methods can perform non-contact measurements, providing displacement and deformation data across the entire observation area without altering the natural behavior of the test sample. Thanks to these features, shear bands, local deformation areas, crack development, rupture surfaces, and ground-structure interaction mechanisms can be examined in more detail both visually and quantitatively. The PIV method is particularly effective in determining large displacements, flow behavior, and slip mechanisms by tracking the movement of soil particles or surface texture,

while the DIC method stands out in the detailed evaluation of strain localization, crack propagation, and deformation concentrations based on the correlation of surface patterns. However, these methods also have some limitations. Measurement accuracy depends on camera resolution, camera position, lighting conditions, surface texture, pattern quality, region of interest size, and image processing parameters. Additionally, out-of-plane movements in two-dimensional analyzes can cause measurement errors, and insufficient image quality or an inappropriate experimental setup can reduce the reliability of the results. Therefore, while PIV and DIC methods have high potential, careful design of the experimental setup, image acquisition conditions, and analysis parameters is necessary to obtain reliable results.

4. CONCLUSIONS

This literature-based review examined the use of Particle Image Velocimetry (PIV) and Digital Image Correlation (DIC) methods in different areas of geotechnical engineering. The reviewed studies show that image-based measurement techniques provide important contributions to the interpretation of soil and rock deformation behaviour, especially in experimental studies where conventional point-based measurement systems are not sufficient to describe the entire deformation field. The findings indicate that PIV is mainly preferred in studies where particle movement, displacement vectors, large soil movements, and soil–structure interaction mechanisms need to be observed. Applications related to shallow foundations, laterally loaded piles, embankments, landslides, retaining walls, geogrid–soil interaction, and seepage-related problems show that PIV can provide useful information about the development and extent of deformation zones. DIC, in contrast, is generally more suitable for evaluating surface displacement fields, strain localization, crack initiation, crack propagation, and local deformation concentrations. The reviewed studies on tunnel models, desiccation cracking, expansive soils, slope models, trapdoor tests, direct shear tests, and small-scale physical models demonstrate that DIC can provide detailed visual and quantitative information about progressive failure mechanisms. Based on the reviewed literature, PIV and DIC can be considered complementary image-based measurement techniques rather than methods with identical functions. PIV is more closely associated with the tracking of particle movements and displacement vectors, whereas DIC provides more detailed information on strain fields and surface deformation. Therefore, the selection of the appropriate method should depend on the type of geotechnical problem, the expected deformation mechanism, and the required data output. Although both techniques offer significant advantages, their reliability depends on several factors, including image quality, camera position, lighting conditions, surface texture, speckle or seeding pattern, region of interest size, calibration procedure, and image-processing parameters. Therefore, careful experimental planning and appropriate analysis settings are necessary to obtain reliable displacement and deformation data. Overall, this review shows that PIV and DIC methods improve the visual and quantitative interpretation of deformation and failure mechanisms in experimental geotechnics. These methods can support traditional measurements, provide full-field deformation data, and offer results that may be compared with numerical analyses. For this reason, image-based measurement techniques are expected to remain important tools in geotechnical model testing, physical modelling, and soil–structure interaction research.

REFERENCES

- Abdi, M. R., Mirzaeifar, H., Asgardun, Y., & Hatami, K. (2024). Assessment of pegged geogrid (PG) pullout performance in coarse-grained soils using PIV analysis. *Geotextiles and Geomembranes*, 52(1), 27–45.
- Agarwal, B. K., & Sachan, A. (2024). Quantification of desiccation cracking and strain localization in lime-treated compacted expansive soils using DIA and DIC. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 36(2), 04023541.
- Alhakim, G., Núñez-Temes, C., Ortiz-Sanz, J., Arza-García, M., Jaber, L., & Gil-Docampo, M. D. L. L. (2023). Experimental application and accuracy assessment of 2D-DIC in meso-direct-shear test of sandy soil. *Measurement*, 211, 112645.
- Chen, Z., Li, K., Omidvar, M., & Iskander, M. (2017). Guidelines for DIC in geotechnical engineering research. *International Journal of Physical Modelling in Geotechnics*, 17(1), 3–22.
- Chouhan, K., & Chavda, J. T. (2024). A review on digital image correlation in experimental geotechnics. *Indian Geotechnical Journal*, 54(2), 639–656.
- Chouhan, K., Rai, H., & Chavda, J. T. (2024). Recommendations on use of DIC in experimental geotechnics. *Geotechnical Testing Journal*, 47(3), 713–732.
- Dadashzadeh, N., Hashemi, M., Asghari-Kaljahi, E., & Ghazifard, A. (2026). Creep behavior of soft argillaceous-marly rocks interpreted using the PIV method: Case study from Tabriz. *Geotechnical and Geological Engineering*, 44(1), 30.
- Eichhorn, G. N., Bowman, A., Haigh, S. K., & Stanier, S. (2020). Low-cost digital image correlation and strain measurement for geotechnical applications. *Strain*, 56(6), e12348.
- Huang, F., Wu, C., Ni, P., Wan, G., Zheng, A., Jang, B. A., & Karekal, S. (2020). Experimental analysis of progressive failure behavior of rock tunnel with a fault zone using non-contact DIC technique. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 132, 104355.
- Kapogianni, E., & Sakellariou, M. (2017). Application of particle image velocimetry (PIV) and digital image correlation (DIC) techniques on scaled slope models. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(9), 853–860.
- Kim, G. Y., Park, S., & Chang, I. (2025). Effect of biopolymer-based soil treatment on lateral earth pressure in sandy soil backfill: An experimental study utilizing a laboratory-scale soil tank apparatus and PIV analysis. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 151(7), 06025002.
- Menon, V., & Kolathayar, S. (2025). Debris flow in c- ϕ soil: Experimental analyses of pore pressure variations, crack percentage, digital image correlation (DIC) and particle image velocimetry (PIV). *Sādhanā*, 50(3), 156.
- Moradi, M., Hosseini, S. M. M. M., & Khezri, A. (2023). Investigation of rocking mechanism of shallow foundations on sand via PIV technique. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 52(6), 1762–1784.
- Reshma, B., Viswanadham, B. V. S., & Rajagopal, K. (2024). Centrifuge modeling and PIV analysis of geogrid reinforced pile supported embankments over soft clay. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 10(4), 62.
- Sanvitale, N., Zhao, B. D., Bowman, E. T., & O’Sullivan, C. (2023). Particle-scale observation of seepage flow in granular soils using PIV and CFD. *Géotechnique*, 73(1), 71–88.
- Stanier, S. A., Blaber, J., Take, W. A., & White, D. J. (2016). Improved image-based deformation measurement for geotechnical applications. *Canadian Geotechnical Journal*, 53(5), 727–739.

- Take, W. A. (2015). Thirty-sixth Canadian Geotechnical Colloquium: Advances in visualization of geotechnical processes through digital image correlation. *Canadian Geotechnical Journal*, 52(9), 1199–1220.
- Tong, B., & Yoo, C. (2022). Application of digital image correlations (DIC) technique on geotechnical reduced-scale model tests. *Journal of the Korean Geosynthetics Society*, 21(1), 33–48.
- Wang, T., Tang, C. S., Lin, L., Zeng, Z., Cheng, Q., & Shen, Z. (2025). Soil desiccation cracking triggered by surface defects: Insight and mechanism based on strain/displacement analysis using DIC. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*.
- White, D. J., Take, W. A., & Bolton, M. D. (2003). Soil deformation measurement using particle image velocimetry (PIV) and photogrammetry. *Géotechnique*, 53(7), 619–631.
- Wu, G., Zhao, M., & Zhang, C. (2024). Experimental investigation on the evolution of soil arching in cohesive soils using a DIC technique. *International Journal of Geomechanics*, 24(2), 04023270.
- Yang, X., He, Z., & Yu, F. (2026). Analysis of a laterally loaded pile under scour conditions using Particle Image Velocimetry (PIV) technique. *Tehnički vjesnik*, 33(3), 964–971.

THE EFFECT OF GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT ON PIPE-SOIL INTERACTION ON SLOPED SOILS: A REVIEW

Research Assistant, Zehra ERTOSUN KARABULUT

Muş Alparslan University, Civil Engineering, z.ertosun@alparslan.edu.tr, [0000-0002-3397-6443](tel:0000-0002-3397-6443)

Abstract

Buried pipelines are engineering components of critical importance for the safe and sustainable operation of infrastructure systems. These systems are widely used in horizontal soil conditions. On sloped soils, complex pipe-soil interactions occur in buried pipelines due to slope movements, landslide effects, and lateral soil displacements. The asymmetric stress distribution and shear planes that form in sloped soils can cause additional deformation and increase the risk of damage to buried pipes. For this reason, geosynthetic reinforcement applications are used to improve the behavior of buried pipes in sloped soils. This study examines experimental, numerical, and image based studies investigating the effect of geosynthetic reinforcements on pipe-soil interaction in sloping soils. The study specifically examines the effects of parameters such as geogrid placement depth, geogrid length, number of geogrid layers, pipe burial depth, soil slope, and soil type on pipe behavior. Additionally, factors affecting soil-structure interaction such as bearing capacity, settlement, the deformation zone around the pipe, and failure mechanisms will be investigated. Findings in the literature indicate that geosynthetic reinforcements, when properly placed, can reduce deformations around the pipe, distribute load transfer over a wider soil area, and mitigate the adverse effects of the slip surface on the pipe. In conclusion, it has been determined that geosynthetic reinforcements affecting the behavior of buried pipes on sloped soils should be considered not only in terms of bearing capacity but also in terms of deformation and failure mechanisms. By presenting the key findings from the existing literature, this study highlights research gaps regarding the design and performance evaluation of buried pipes used on sloped soils.

Keywords: Buried pipe, geosynthetic reinforcement, pipe–soil interaction, sloping soil

INTRODUCTION

Underground pipelines play a significant role in meeting basic needs such as the supply of electricity, water, gas, and oil; energy infrastructure; stormwater and sewer systems; and road and rail culverts. Installed within the ground, these pipelines are exposed to the effects of the surrounding soil and pore water, while also being supported by the soil. For this reason, geotechnical engineers assume significant technical responsibilities in the design, construction, and performance evaluation of pipelines. This section addresses the main geotechnical engineering topics related to underground pipeline infrastructure (Moore, I. D.). The design and selection of soil materials are of critical importance in terms of pipe-soil interaction. This is because the pipe functions not merely as an isolated structural element subjected to clearly defined external loads, but as part of an integrated pipe-soil system. Within this system, the pipe bears a certain portion of the soil pressure, while the remainder of the load is transferred through the backfill soil surrounding the pipe (Moore, I. D.). Soil-induced loads affecting pipelines can vary widely and may occur at different stages throughout the service life of the pipeline system. These loads can generally be categorized as follows, either acting individually or in combination: (i) loads generated during pipeline installation, (ii) loads arising under normal operating conditions, and (iii) loads resulting from extraordinary events such as landslides and earthquake-induced ground movements (Kabir, G. et al.) Pipelines buried underground are exposed to various physical and environmental loads that can adversely affect their performance throughout their service life. In most cases, these loads and environmental effects—resulting from the combined influence of multiple factors—can lead to structural damage or failure in the pipelines. However, pipe corrosion and overloading are considered among the primary causes of pipeline failures, as they lead to a reduction in effective pipe wall thickness or an increase in stress concentration (Wang et al.).

The behavior of buried rigid pipes and structures has been addressed in the literature through field experiments and full-scale tests (Gilley and Gabriel; Peter et al.) numerical modeling studies (Abolmaali and Kararam; Nagy), and large-scale experimental tests (Kim et al.; Kraus et al.) Studies in the literature show that geosynthetic reinforcements have a significant positive effect on the behavior of buried pipes. In particular, the number of geogrid layers, the reinforcement placement depth, the pipe burial depth, and soil properties are key parameters influencing the stress distribution and deformation mechanism around the pipe. Studies by Elshesheny et al. (2020), Bildik et al. (2020), and Pires et al. (2020), demonstrate that geosynthetic reinforcements can reduce local stresses and deformations on the pipe by distributing the load over a larger soil volume. Therefore, performance evaluation of geosynthetic-reinforced systems should be conducted not only in terms of load-carrying capacity but also in terms of deformation control and failure mechanisms.

Kawabata et al. investigated the effect of using geosynthetic anchors to counteract the thrust force generated at pipe elbows due to internal water pressure. The study noted that traditionally used concrete blocks have certain limitations, particularly due to the inertial forces they can generate under seismic loads, and proposed a lighter geosynthetic anchoring system as an alternative. In model tests conducted in dry sand soil, the resistance force generated during the pipe's horizontal movement, the soil pressure distribution, and the development of the slip surface were evaluated. The findings indicate that the application of geosynthetic anchors can improve pipe-soil interaction by increasing resistance to pipe movement. El Naggar et al. investigated the stress-reducing effect of geogrid-reinforced bridging platforms in highway embankments constructed over existing underground utility lines through full-scale field tests and numerical analyses. The study demonstrated that the geogrid bridging system can positively influence soil-structure interaction by reducing deformation, bending moments, and normal forces in buried culverts. Pires and Palmeira investigated the effect of geosynthetic reinforcements on the protection of buried pipes under surface surcharge loads through model experiments. In the study, which compared different geogrid layout configurations, it was determined that the use of reinforcements reduced the vertical stresses transferred to the pipe and the pipe's deformation. It was reported that the greatest effect was achieved in the configuration where the geogrid completely surrounded the pipe. Hegde and Sitharam investigated

the behavior of PVC pipes buried in geocell-reinforced sand soils through laboratory experiments and FLAC3D-based numerical analyses. The study found that the geocell system, supported by a base geogrid, significantly reduced pipe deformations and the pressures transmitted to the pipes. Compared to the unreinforced condition, reductions of more than 50% in pressure and more than 40% in pipe deformation were observed in the reinforced systems. These findings demonstrate that geocell–geogrid composite systems are effective in protecting buried pipes under surface loads. Babagiray et al. investigated the protective performance of various types of geosynthetic reinforcements for buried HDPE pipes under impact loads through full-scale experiments. In the study, which compared geotextile, geogrid, strip geogrid, geocell, and composite reinforcement systems, it was determined that 800 g/m² geotextile provided the highest performance in terms of pressure damping and acceleration reduction. Furthermore, it was stated that the geogrid application is the most cost-effective solution in terms of acceleration reduction per unit cost. These findings demonstrate that the type of geosynthetic reinforcement is a significant parameter in the behavior of buried pipes under impact loads.

In this article, the effect of using geosynthetic reinforcement on the interaction between buried pipes and the soil on sloped ground is examined based on the literature. The study evaluates the effects of parameters such as geogrid placement depth, number of reinforcement layers, pipe burial depth, slope gradient, and soil type on the stress distribution around the pipe, deformation behavior, and failure mechanisms. Findings from the existing literature indicate that, when used appropriately, geosynthetic reinforcements can reduce local stresses and deformations on the pipe by distributing the load over a wider area. In this context, the study aims to highlight the role of geosynthetic reinforcements in the design and performance evaluation of buried pipes in sloped soils through a comprehensive approach.

2. METHODS

This study is designed as a literature-based review aimed at evaluating the effects of geosynthetic reinforcement on the interaction between buried pipes and the soil under sloping ground conditions. Accordingly, studies examining the behavior of buried pipes within the soil, the contributions of geosynthetic reinforcement to load transfer and deformation control, and the effects of slope movements and lateral soil displacements on pipe behavior were reviewed. As part of the literature review, findings from experimental model tests, full-scale field experiments, large-scale laboratory studies, numerical modeling approaches, and image-based monitoring methods were considered. The studies reviewed were classified based on key parameters such as geogrid placement depth, geogrid length, number of reinforcement layers, pipe burial depth, slope gradient, soil type, and loading conditions. During the evaluation process, the effects of unreinforced and geosynthetic-reinforced systems on stress distribution around the pipe, settlement behavior, deformation zone, development of the slip surface, and failure mechanism were examined comparatively; thus, the contribution of geosynthetic reinforcements to the performance of buried pipes was evaluated using a comprehensive approach.

In the literature review, the key parameters affecting the interaction between embedded pipes, soil, and geosynthetic reinforcement were systematically examined. In this context, the geogrid placement depth was first evaluated in terms of the reinforcement's position relative to the pipe and the soil surface; the effects of this parameter on stress distribution, load transfer, and deformation control were taken into account. The geogrid length was examined in terms of the reinforcement's horizontal spread and anchoring effect, and was related to the transfer of load to a wider soil volume and soil reinforcement interaction. The number of reinforcement layers was evaluated based on a comparison of single- and multi-layer geosynthetic systems; its effects on pipe deformation, settlement behavior, and stress reduction were addressed. Pipe burial depth was examined as a key variable determining the pipe's position relative to surface loads and slope movements, and was evaluated in terms of the vertical and horizontal stresses transferred to the pipe and the risk of deformation. Slope gradient was examined in terms of shear potential and the effect of lateral displacement in sloping soils; it was related to the development of the shear surface and the asymmetric stress distribution that may occur around the pipe. The soil

type was evaluated in terms of soil density, shear strength, and soil reinforcement interface behavior; its effects on settlement and deformation mechanisms were taken into account. In addition, various loading conditions such as static, cyclic, impact, and surface surcharge loads were examined in the context of pressure on the pipe, deformation, and the risk of damage. Finally, the findings from experimental, numerical, full-scale, and image-based studies were evaluated comparatively, and the interpretability of the results for design purposes was demonstrated.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. The Effect of Geosynthetic Reinforcement on Load Transfer

In unreinforced soils, lateral effects caused by surface loads, backfill loads, or slope movement are concentrated in a narrower zone around the pipe. This can increase the vertical and horizontal stresses transmitted to the pipe. Geosynthetics such as geogrids, geotextiles, or geocells act as reinforcing elements within the soil, helping to distribute the load over a larger volume of soil. This reduces the local stresses transmitted directly to the pipe. On sloped soils, not only the vertical surface load but also slope movement and lateral soil displacement affect pipe behavior. Therefore, distributing the load over a wide area is important for reducing asymmetric stress distribution and the risk of deformation around the pipe. Various studies in the literature have demonstrated that geosynthetic reinforcements can reduce the risk of stress, deformation, and damage to pipes by regulating the load transfer mechanism in the interaction between buried pipes and the soil. Pires and Palmeira (2017) noted that the use of geogrid reinforcement under surface surcharge loads reduces the vertical stresses transferred to the pipe and the pipe's deformation, and that a geogrid configuration fully surrounding the pipe is particularly effective. Pires et al. (2021), on the other hand, demonstrated that geosynthetic reinforcement contributes to the protection of flexible buried pipes under local surface loads and can limit the direct transfer of load to the pipe. El Naggar, Turan, and Valsangkar (2015) demonstrated through full-scale experiments and numerical analyses that geogrid-reinforced bridge platforms reduce soil pressures transferred to buried infrastructure elements and have a beneficial effect on deformation, bending moment, and normal forces. Hegde and Sitharam (2015), by comparing geocell, geogrid, and geocell–base geogrid systems, reported that geocell–geogrid composite systems distribute stresses in the lateral direction and significantly reduce the pressure transmitted to the pipe as well as pipe deformations. Similarly, Hegde and Sitharam (2014) demonstrated that geocell–geogrid composite reinforcement systems reduce pressure and deformation on the pipe compared to unreinforced soils. Elshesheny et al. (2020) demonstrated that, under cyclic loading conditions, the number of geogrid layers and the pipe burial depth are decisive factors in the pressure transmitted to the top of the pipe, and that stress reduction is achieved in reinforced systems. Kawabata et al. (2004) noted that geosynthetic anchorage systems increase resistance to pipe movement under lateral loading and improve pipe–soil interaction. Babagiray et al. (2023) compared the pressure damping and acceleration reduction performance of different types of geosynthetics under impact loads; they demonstrated that the performance of geotextiles, geogrids, geocells, and composite systems varies depending on the type of reinforcement and loading conditions. Aljaberi et al. (2026) noted that geogrid reinforcement and pipe burial depth affect settlement, pipe strain, and deformation behavior under cyclic loading and scour cavity conditions. Fattah et al. (2022), on the other hand, demonstrated that geosynthetic-reinforced sand backfills improve load transfer and reduce deformations in small-diameter buried pipes. When these studies are evaluated together, it becomes clear that geosynthetic reinforcements should be considered not merely as elements that increase the bearing capacity of buried pipes, but as engineering solutions that reorganize load transfer, reduce stress concentration, limit deformation development, and improve the performance of the pipe–soil system under various loading conditions.

3.2. The Effect of Geogrid Installation Depth and Length

The geogrid installation depth is one of the key parameters that determines the reinforcement's ability to redistribute surface loads or stresses caused by soil movements before they reach the pipe. If the geogrid is placed too close to the pipe, the load transfer mechanism may be limited; conversely, if it is placed too close to the surface, the deformation zone around the pipe may not be adequately controlled. Therefore, the geogrid placement depth must be evaluated in conjunction with the pipe burial depth, pipe diameter, soil type, and loading conditions. The length of the geogrid determines the anchoring effect of the reinforcement that develops horizontally at the soil-reinforcement interface. Insufficient geogrid length may prevent the reinforcement's tensile capacity and load-distribution potential from being fully utilized. However, geogrid layers of sufficient length are effective in transferring the load to a larger soil volume, reducing stress concentration around the pipe, and limiting deformations. An increase in geogrid length does not always result in a linear improvement in performance. The optimal length must be determined in conjunction with the loading pattern and soil-reinforcement interaction. Bildik and Laman (2020) demonstrated that the geogrid reinforcement configuration is a determining factor in bearing capacity, settlement behavior, and stress distribution. Similarly, Pires and Palmeira (2017, 2021) demonstrated that the placement pattern of geosynthetic reinforcement relative to the pipe has significant effects on the vertical stresses transferred to the pipe and pipe deformations. Elshesheny et al. (2020) noted that under cyclic loading conditions, the pipe burial depth and the number of geogrid layers affect the pipe head pressure and deformation behavior. Selvadurai (1989) and Faizi et al. (2014), on the other hand, demonstrated that geogrid length, reinforcement geometry, and anchorage effects play a significant role in the uplift resistance of buried pipes. In more recent studies, Aljaberi et al. (2026) have shown that geogrid reinforcement and pipe burial depth affect pipe behavior under cyclic loading and scour cavity conditions. When these studies are evaluated collectively, it becomes clear that the geogrid placement depth and length should not be considered in isolation; rather, they must be evaluated holistically in conjunction with pipe diameter, pipe burial depth, soil type, slope gradient, and loading conditions.

3.3. The Effect of the Number of Reinforcement Layers

The number of reinforcement layers is one of the key parameters affecting the load transfer mechanism, the stress distribution around the pipe, and the development of deformation in geosynthetic-reinforced buried pipe systems. While single-layer reinforcement systems contribute to the distribution of surface loads to a certain extent, multi-layer reinforcement configurations allow for the gradual transfer of the load into the soil. This can help reduce the vertical and horizontal stresses acting on the pipe, limit the deformation zone around the pipe, and make the settlement behavior more controlled. Armaghani et al. (2015) and Maljaei et al. (2021) demonstrated in their studies on the uplift resistance of buried pipes that the number of geogrid layers does not result in a significant performance improvement under certain conditions. This finding indicates that the number of layers alone is not a sufficient design criterion. In contrast, studies by Hegde and Sitharam (2014, 2015) show that composite reinforcement configurations, such as geocell–geogrid, can significantly reduce the pressure transmitted to the pipe and pipe deformations compared to unreinforced systems. Similarly, Han et al. (2016) noted that geosynthetic reinforcement systems can be effective in controlling pipe cross-sectional deformations in shallow-buried pipes. Babagiray et al. (2023), on the other hand, demonstrated in full-scale impact tests that the pressure damping and acceleration reduction performance of different geosynthetic types and composite systems varies depending on the reinforcement type and system configuration. Therefore, when evaluating the number of layers, one should consider not only the number of reinforcements but also the type of reinforcement, the arrangement pattern, the use of composite systems, soil properties, and the type of loading.

3.4. The Effect of Pipe Burial Depth

Pipe burial depth is one of the key parameters affecting the stress transfer mechanism and deformation behavior in buried pipes. Under shallow burial conditions, surface loads are transferred more directly to the pipe; this can lead to an increase in pipe head pressure, unit strain, and local deformations around the pipe. As the burial depth increases, the soil cover over the pipe helps distribute the load over a wider area, which can reduce the stress level transmitted to the pipe. In their experimental and numerical study of PVC pipes buried at different depths beneath a loading plate, Hegde and Sitharam (2015) demonstrated that systems reinforced with geocells and a base geogrid significantly reduced pipe deformation and the pressure transmitted to the pipe. Elshesheny et al. (2020) noted that, under cyclic loading, an increase in burial depth in buried rigid pipes leads to a decrease in pipe peak pressure, pipe deformation, and strain values. Aljaberi et al. (2026), on the other hand, demonstrated that under erosion void and cyclic loading conditions, pipe burial depth is a decisive parameter affecting HDPE pipe behavior. These findings indicate that pipe burial depth should not be evaluated in isolation but must be considered in conjunction with the use of geosynthetic reinforcement, soil properties, loading conditions, and potential soil movements that may occur on sloping terrain.

3.5. The Effect of Slope Gradient and Lateral Soil Displacement

Slope gradient and lateral soil displacement are among the most critical parameters determining pipe-soil interaction in sloped soils. While loads acting on pipes in horizontal soil conditions are primarily evaluated in terms of vertical load transfer and cover pressure, slope movements, landslide effects, and the development of a slip surface on sloped ground can cause asymmetric stress distribution around the pipe. Trautmann and O'Rourke (1985) investigated the force-displacement behavior of buried pipes against lateral soil movements and demonstrated that variables such as pipe depth, soil density, pipe diameter, and surface roughness affect lateral resistance. Casamichale et al. (2004) numerically analyzed the behavior of buried pipes exposed to lateral soil movement in failed slopes and demonstrated that the risk of pipe damage under such conditions is closely related to the magnitude of soil movement and the pipe's position within the slope. Shi et al. (2024) experimentally examined pipe-soil interaction in sandy slopes, noting that deformation zones and displacement mechanisms around the pipe can be tracked in greater detail under slope loading. Jia et al. (2024), meanwhile, emphasized that in the investigation of pipeline routes passing through landslide areas using centrifuge model tests, indicators such as pipe deformation, stress, strain, crack propagation, soil pressure, and landslide displacement must be evaluated collectively. Yang et al. (2025) numerically modeled lateral pipe-soil interaction on sloped ground and demonstrated that slope geometry, the direction of pipe movement, and soil-pipe interface properties are decisive factors affecting lateral resistance. When these studies are evaluated together, it becomes clear that slope gradient must be considered not only as a stability issue but also in terms of the lateral displacement developing around the pipe, the slip surface, the asymmetric stress distribution, and the deformation mechanism.

3.6. The Effect of Soil Type

Soil type is one of the key parameters affecting load transfer, deformation development, and soil-reinforcement interface behavior in geosynthetic-reinforced buried pipe systems. Particularly in sandy soils, relative density, grain size distribution, shear strength, and dilation behavior play a decisive role in the stress distribution and deformation mechanism developing around the pipe. Fattah et al. (2023) investigated the behavior of buried flexible pipes in loose, moderately dense, and dense sandy soils and demonstrated that pipe deformations increase as soil density decreases; reinforcements such as geogrids and geocells, however, can reduce the vertical stresses transferred to the pipe under different soil densities. Elshesheny et al. (2024) evaluated the combined use of a sand-rubber mixture and geogrid reinforcement, revealing that the type and mechanical properties of the backfill material affect the pressure transmitted to the pipe and surface deformation. Roy et al. (2018), by investigating the upward pipe-soil interaction of shallowly buried pipes in dense sand, demonstrated that soil density-dependent

stiffness and shear zone development play a significant role in the pipe's uplift resistance. Similarly, Daiyan et al. (2011) experimentally investigated pipe–soil interaction under axial, lateral, and oblique loading conditions in dense sand and noted that soil resistance varies depending on the loading direction and soil properties. When these studies are evaluated together, it becomes evident that soil type directly affects not only settlement and deformation around the pipe but also the effectiveness of the geosynthetic reinforcement and the load-transfer mechanism. Therefore, in the design of pipes buried in sloped soils, soil type must be evaluated in conjunction with the slope gradient, pipe burial depth, and reinforcement properties. In general, while greater settlement and deformation are expected in loose soils, soil-reinforcement interlock and passive resistance can develop more effectively in dense soils; however, reinforcement performance must always be evaluated in conjunction with the soil type, degree of density, grain size, and soil-reinforcement interface behavior.

3.7. The Effect of Loading Conditions

Loading conditions are one of the key variables that directly influence stress transfer, pipe deformation, and damage mechanisms in the interaction between buried pipes, soil, and geosynthetic reinforcement. While vertical stresses transmitted to the pipe and pipe cross-sectional deformations come to the fore under static surface loads, under cyclic loading conditions, repeated stress accumulation, settlement, and fatigue effects become more pronounced. Corey et al. (2014) demonstrated that geosynthetic reinforcements can be effective in protecting steel-reinforced HDPE pipes under static loading. Han et al. (2016) noted that shallow-buried pipes can sustain damage under construction and traffic loads; they evaluated the protective effect of geosynthetic reinforcements through static plate loading, cyclic plate loading, and penetration tests. Under local surface overloading, Pires and Palmeira (2017) and Pires and Palmeira (2021) demonstrated that geosynthetic reinforcements can reduce the vertical stresses transferred to the pipe and the pipe's deformation. Regarding impact loads, Babagiray et al. (2023) demonstrated through full-scale tests that the pressure damping and acceleration reduction performance of geotextiles, geogrids, geocells, and composite geosynthetic systems varies depending on the type of reinforcement and system configuration. Elshesheny et al. (2024), on the other hand, noted that the use of a sand–rubber mixture and geogrids can reduce the pressure transferred to the pipe and surface deformations under surface loads. When these studies are evaluated together, it becomes clear that the performance of geosynthetic reinforcement cannot be explained solely by the type of reinforcement or its layout; rather, it must be considered in conjunction with the effects of various loading conditions such as static, cyclic, impact, and local surcharge loads on pipe behavior.

3.8. The Effect of Reinforcement Type

The type of reinforcement is a key variable that directly determines the load transfer mechanism and protection mechanism in the behavior of buried pipes under surface loads, traffic/construction loads, or impact effects. Different types of geosynthetics do not perform the same function through the same mechanism; for example, while geogrids contribute to the lateral distribution of loads through interlocking with soil particles and tensile stiffness, geotextiles are more notable for their separation, filtration, and pressure-damping behavior under impact effects. Geocell systems, on the other hand, support stress distribution and deformation control by laterally confining the backfill due to their three-dimensional cellular structure. Corey et al. (2014) demonstrated that geosynthetic protection layers are effective in reducing cross-sectional deformation and surface settlement of steel-reinforced HDPE pipes under static loading. Han et al. (2016) noted that geosynthetic reinforcements can be used to protect underground pipes from construction and traffic loads and emphasized that geogrid layers, in particular, can function as a protective system between the pipe and the surface load. Babagiray et al. (2021) compared single- and double-layer applications of various geosynthetic types—such as geocells, geogrids, geotextiles, and geonets—under impact loads; they demonstrated that the type of reinforcement and the method of application are decisive factors in determining the acceleration and pressure values transferred to the pipe. Similarly, Babagiray et al. (2023) compared geotextiles, geogrids, strip geogrids, geocells, and composite systems

in full-scale impact tests and reported that geotextiles demonstrated high performance in terms of pressure damping and acceleration reduction, while geogrids offered advantages in terms of cost-effectiveness. These findings indicate that the selection of reinforcement type for buried pipe systems should be evaluated not only based on material strength but also in conjunction with the type of loading, the expected deformation mechanism, soil properties, pipe burial depth, and economic feasibility.

4. CONCLUSIONS

In this study, the effects of using geosynthetic reinforcement on the interaction between buried pipes and the soil on sloped sites were evaluated in light of findings in the literature. The studies reviewed indicate that geosynthetic reinforcement can reduce stress concentration around the pipe, distribute load transfer over a larger soil volume, and limit pipe deformation. Therefore, geosynthetic reinforcements should be considered not only as elements that increase the load-carrying capacity but also as system components that improve deformation control and load transfer in the protection of buried pipes. Pipe behavior on sloped ground is more complex than under horizontal ground conditions. Slope movements, the development of slip surfaces, and lateral soil displacements can cause asymmetric stress distribution around the pipe. Therefore, the geogrid placement depth, reinforcement length, number of layers, pipe burial depth, slope gradient, soil type, and loading conditions must be considered together. In particular, it has been observed that an increase in the number of reinforcement layers does not always result in a linear improvement; rather, the type of reinforcement, placement method, soil properties, and loading type are decisive factors in system performance. In conclusion, when properly positioned, geosynthetic reinforcements have the potential to improve the performance of pipes buried in sloped ground. However, in the current literature, there are few studies that directly address the interaction among sloped ground, buried pipes, and geosynthetic reinforcements. Future studies should evaluate different slope gradients, pipe burial depths, soil types, and reinforcement configurations using a combination of experimental, numerical, and image-based methods. This will enable more reliable assessments of buried pipes in terms of bearing capacity, deformation, the effect of the slip surface, and long-term performance during the design process.

REFERENCES

- Abolmaali, A., & Kararam, A. (2010). Nonlinear finite-element-based investigation of the effect of bedding thickness on buried concrete pipe. *Journal of Transportation Engineering*, 136(9), 793–799.
- Aljaberi, M., Elshesheny, A., Mohamed, M., Elkezza, O., & Sheehan, T. (2026). Geogrid and burial depth effects on buried pipes near erosion voids under cyclic loading. *Geosynthetics International*, 1–24.
- Armaghani, D. J., Faizi, K., Hajihassani, M., Mohamad, E. T., & Nazir, R. (2015). Effects of soil reinforcement on uplift resistance of buried pipeline. *Measurement*, 64, 57–63.
- Babagiray, G., Akbaş, S. O., & Anıl, Ö. (2021). Investigation of the impact behavior when using single and double layers of geosynthetics on buried pipe structures. *Acta Geotechnica Slovenica*, 18(2), 83–104.
- Babagiray, G., Akbas, S. O., & Anil, O. (2023). Full-scale field impact load experiments on buried pipes in geosynthetic-reinforced soils. *Transportation Geotechnics*, 38, 100927.
- Bildik, S., & Laman, M. (2020). Effect of geogrid reinforcement on soil-structure–pipe interaction in terms of bearing capacity, settlement and stress distribution. *Geotextiles and Geomembranes*, 48(6), 844–853.
- Casamichale, P., Maugeri, M., & Motta, E. (2004). Numerical analysis of buried pipes subjected to lateral soil movements. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 77.
- Corey, R., Han, J., Khatri, D. K., & Parsons, R. L. (2014). Laboratory study on geosynthetic protection of buried steel-reinforced HDPE pipes from static loading. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 140(6), 04014019.
- Daiyan, N., Kenny, S., Phillips, R., & Popescu, R. (2011). Investigating pipeline–soil interaction under axial–lateral relative movements in sand. *Canadian Geotechnical Journal*, 48(11), 1683–1695.
- El Naggar, H., Turan, A., & Valsangkar, A. (2015). Earth pressure reduction system using geogrid-reinforced platform bridging for buried utilities. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 141(6), 04015024.
- Elshesheny, A., Mohamed, M., & Sheehan, T. (2020). Protection of buried rigid pipes using geogrid-reinforced soil systems subjected to cyclic loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 135, 106210.
- Faizi, K., Armaghani, D. J., Momeni, E., Nazir, R., & Mohamad, E. T. (2014). Uplift resistance of buried pipelines enhanced by geogrid. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 51(4), 188–195.
- Fattah, M. Y., & Mohammed, R. W. B. (2022). Protection of flexible pipes from dynamic surface stresses by geocell-reinforced sand backfill.
- Fattah, M. Y., Zbar, B. S., & Al-Kalali, H. H. (2023). Experimental investigation of the performance of buried flexible pipe in reinforced sand. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 31(2), 48–60.
- Gilley, C. W., & Gabriel, L. H. (1993). Field performance of cast-in-place nonreinforced concrete pipe. *Transportation Research Record*, 1415.
- Han, J., Corey, R., Khatri, D. K., & Parsons, R. L. (2016). *Geosynthetic reinforcement to protect underground pipes against damage from construction and traffic*.
- Hegde, A., Kadabinakatti, S., & Sitharam, T. G. (2014). Protection of buried pipelines using a combination of geocell and geogrid reinforcement: Experimental studies. In *Ground Improvement and Geosynthetics* (pp. 289–298).

- Hegde, A. M., & Sitharam, T. G. (2015). Experimental and numerical studies on protection of buried pipelines and underground utilities using geocells. *Geotextiles and Geomembranes*, 43(5), 372–381.
- Jia, H., Yang, M., Dai, L., Que, Y., Wang, D., Yu, Z., & Tang, J. (2024). Centrifuge tests on the deformation law of pipelines crossing slopes with different water contents. *Scientific Reports*, 14(1), 19466.
- Kabir, G., Balek, N. B. C., & Tesfamariam, S. (2018). Consequence-based framework for buried infrastructure systems: A Bayesian belief network model. *Reliability Engineering & System Safety*, 180, 290–301.
- Kawabata, T., Uchida, K., Ling, H. I., Nakase, H., Sawada, Y., Hirai, T., & Saito, K. (2004). Lateral loading tests for buried pipe with geosynthetics. In *Geotechnical Engineering for Transportation Projects* (pp. 609–616).
- Kim, H., Choi, B., & Kim, J. (2010). Reduction of earth pressure on buried pipes by EPS geofom inclusions. *Geotechnical Testing Journal*, 33(4), 304–313.
- Kraus, E., Oh, J., & Fernando, E. G. (2014). Impact of repeat overweight truck traffic on buried utility facilities. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 28(4), 04014004.
- Maljaei, S. R., Katebi, H., Mahdi, M., & Javadi, A. A. (2022). Modeling of uplift resistance of buried pipeline by geogrid and grid-anchor system. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 13(1), 04021075.
- Moore, I. D. (2001). Buried pipes and culverts. In *Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Handbook* (pp. 541–567). Springer US.
- Nagy, N. (2010). Nonlinear numerical modelling for the effects of surface explosions on buried reinforced concrete structures. *Available at SSRN* 5267199.
- Peter, J. M., Chapman, D., Moore, I. D., & Hoult, N. (2018). Impact of soil erosion voids on reinforced concrete pipe responses to surface loads. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 82, 111–124.
- Pires, A. C. G., & Palmeira, E. M. (2017). Geosynthetic protection for buried pipes subjected to surface surcharge loads. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 3(4), 30.
- Pires, A. C. G., & Palmeira, E. M. (2020). Geosynthetic reinforcement for the protection of buried pipes against surface surcharge.
- Roy, K., Hawlader, B., Kenny, S., & Moore, I. (2018). Upward pipe–soil interaction for shallowly buried pipelines in dense sand. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 144(11), 04018078.
- Selvadurai, A. P. S. (1989). Enhancement of the uplift capacity of buried pipelines by the use of geogrids. *Geotechnical Testing Journal*, 12(3), 211–216.
- Trautmann, C. H., & O'Rourke, T. D. (1985). Lateral force-displacement response of buried pipe. *Journal of Geotechnical Engineering*, 111(9), 1077–1092.
- Wang, W. G., Li, C. Q., Robert, D. J., Zhou, A., & Wasim, M. (2016). Full scale corrosion test on buried cast iron pipes. *Sustainable Construction Materials and Technologies*, 2016.
- Yang, H., Wang, L., Lei, Z., Rui, S., Liu, Z., & Guo, Z. (2025). Numerical study of lateral soil resistance to pipe movement in sandy slopes. *Applied Ocean Research*, 155, 104419.
- Yu, W. Z., Zhu, H. H., Wang, D. Y., Xie, T. C., Pei, H. F., & Shi, B. (2024). Experimental study of sandy slope-pipe interaction under loading. *Rock and Soil Mechanics*, 45(5), 3.

AN INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF WAVELET POOLING IN IMAGE CLASSIFICATION UNDER NOISE

Lecturer, Ph.D., Asli KAYA KARAKUTUK1/ Assoc. Prof. Dr., Ozer OZDEMIR2

1Eskişehir Technical University, Rectorate, aslikaya@eskisehir.edu.tr, 0000-0003-2155-9391

2Eskişehir Technical University, Statistics, ozerozdemir@eskisehir.edu.tr, 0000-0003-2446-5139

Abstract

In convolutional neural networks (CNNs), pooling plays a crucial role in preserving distinctive information while reducing the dimensionality of features. The most commonly used maximum (max) and average (avg) pooling methods have different advantages. However, they can also lead to information loss, especially in noisy images. In this study, a parameterless wavelet pooling approach based on the Haar wavelet transform is investigated. The same approach is compared with the classical max and avg pooling methods. Experiments, performed using the same CNN architecture, were conducted on two balanced image datasets with different frequency characteristics: Concrete Crack Images for Classification and Damaged Buildings Dataset, using both clean images and images with varying levels of Gaussian noise. The results show that wavelet pooling is at least as successful as other pooling methods in clean images on both datasets. Under noise, however, performance was observed to vary depending on the structure of the dataset. In concrete crack images with high contrast and distinct local structures, wave pooling provided the highest accuracy and noise tolerance, while in more complex and low-contrast building damage images, average pooling yielded more stable results.

Keywords: Wavelet Pooling, Convolutional Neural Network, Image Classification, Concrete Crack Detection, Earthquake Damage Detection

INTRODUCTION

Reducing feature dimension is a significant part of CNNs. Pooling accomplishes that with a retention of important information. Average and max pooling are the most common, but both risk information loss, particularly with noisy images. In the neighborhoods of max pooling, the largest pixels — which also happen to be noise — are selected and are therefore unstable to small changes. In average pooling, noise is also smoothed, along with the clarity of fine structures, which results in a loss of significant information. A problem with both pooling methods is that high frequency information is lost without any control during the down-sampling process, which risks aliasing.

The importance of this problem becomes more visible in high reliability applications like damage assessments and appraisals for disasters and structural integrity. Based on AFAD's official data regarding the February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquake, 2,457,942 buildings were examined; 38,440 were reported as completely collapsed and 204,745 were reported as having sustained major damage (AFAD, 2023). An inspection of this magnitude is beyond the capacity of the human eye to accomplish quickly and thoroughly. A comparable situation exists in the inspection of concrete infrastructure. Neglecting early detecting cracking can pose a risk to the safety of the entire infrastructure (Cha et al., 2017). However, field images are not the same as clean lab images. Distortions like sensor noise, poor illumination, etc. can affect the quality of images and subsequently the performance of the classifiers (Dodge & Karam, 2016).

This study investigates a parameterless pooling approach based on the Haar wavelet transform and compares it with classical max and avg pooling methods. The research question is how much the pooling layer selection affects performance in noisy images, and whether this effect varies depending on the image structure.

1. RELATED STUDIES

The mathematical foundations of wavelet transform were established by Mallat (1989) and Daubechies (1992). Its application to pooling in the context of classification has been a natural extension of these studies. Cha, Choi, and Büyüköztürk (2017) achieved approximately 98% accuracy in concrete crack detection using convolutional neural networks, but did not systematically investigate the noise condition. Williams and Li (2018) proposed a learnable wavelet pooling layer; while this approach provides flexibility, it requires additional trainable parameters, making comparison between different pooling methods difficult. Liu et al. (2018) proposed a multilevel wavelet CNN architecture (MWCNN), but this study focused on image restoration rather than classification. Zhang (2019) mathematically demonstrated that standard pooling operations break translational invariance and lead to aliasing. The closest study, WaveCNet by Li, Shen, Guo, and Lai (2021), demonstrated robustness on ImageNet-C with wavelet-based sampling-reduction, but did not compare two real-world datasets with different frequency structures.

CNN-based approaches are becoming increasingly common in the literature on the classification of disaster and damage images. Kyrkou and Theocharides (2020) proposed an efficient architecture called EmergencyNet for the classification of UAV-based emergency images, while Gupta et al. (2019) created the xBD dataset to assess building damage from satellite images. The Damaged Buildings dataset used in this study was compiled by Tasci et al. (2023) and presented with the InCR architecture.

This study extends this approach in two directions. First, unlike Williams and Li's learnable layer, a completely parameterless Haar wavelet pooling layer is used, adding no additional parameters, thus allowing the observed performance difference to be attributed solely to the pooling rule. Second, beyond WaveCNet's robustness assessment on a single dataset, a systematic comparison is made on two datasets with intentionally different frequency structures – high-contrast, locally structured concrete crack images and low-contrast, multi-scale building damage images.

2. METHOD

The proposed wavelet pooling layer decomposes the input feature map into four sub-bands (LL, LH, HL, HH) by applying a Haar wavelet transform, and only the low-frequency LL component is passed to the next layer in the form $Pooling(X) = LL(DWT\_Haar(X))$.

The LH, HL , and HH bands are discarded in this experiment; the method can thus be interpreted as a sampling-reduction process working with a fixed low-pass filter. The key feature of this design is that it increases the number of parameters by zero: the model complexity remains exactly the same as with max and avg pooling, so any performance difference observed between the three methods can be directly attributed to the pooling rule. This is the fundamental difference from the learnable wavelet layer proposed by Williams and Li (2018); the proposed method does not introduce any additional training overhead.

The CNN architecture used for comparison consists of a fully coupled (dense) layer and a sigmoid output layer, followed by several convolution + ReLU + pooling blocks. Three variants (max, avg, wavelet pooling) were trained using the same architecture, the same weight initialization, and the same training/test split; the only variable is the pooling layer itself. Binary cross-entropy was used as the loss function, both datasets were kept class-balanced, and the training curves were tracked over 12 epochs. At the heart of the experimental design is a test-time noise protocol: the model was trained only with clean images, without retraining with noise. Gaussian noise was added to the test images at six incremental levels from $\sigma = 0$ to 0.25. The aim of this design is to obtain a realistic measure of robustness to a type of distortion the model never encountered during training (Dodge & Karam, 2016).

Experiments were conducted on two balanced image datasets with intentionally different frequency characteristics. The first is the Concrete Crack Images for Classification dataset, collected from the METU campus, consisting of forty thousand images (twenty thousand positive and twenty thousand negative) with a size of 227×227 pixels (Özgenel, 2019). This dataset exhibits high contrast and a narrow, locally pronounced texture difference. The second is the Damaged Buildings dataset, containing a total of two thousand seven hundred and thirty-five variable-size JPG format images, consisting of one thousand two hundred and thirty-seven damaged and one thousand four hundred and ninety-eight undamaged building images (Tasci et al., 2023). This dataset exhibits lower contrast and a multi-scale structure. Performance was measured by accuracy, F1-score, and area under the ROC curve (AUC) (Fawcett, 2006).

3. FINDINGS

Table 1 shows the results obtained with clean (noise-free) images on a test set of 3200 samples in the concrete crack dataset. Wavelet pooling yields the best result with 99.41% accuracy, an F1 score of 0.9941, and an AUC of 1.000, but max pooling also shows quite strong performance with 99.19% accuracy. The difference between the three methods is limited under clean conditions.

Table 1. Concrete crack dataset - clean image results (n = 3200)

Methods	Accuracy	F1	AUC
Max pooling	0,9919	0,9918	0,999
Avg pooling	0,9891	0,9890	0,999
Wavelet pooling	0,9941	0,9941	1,000



Figure 1. Top image shows example images; bottom image shows Haar sub-bands of a concrete crack (positive) sample.

Table 2 shows the clean image results obtained on a test set of 547 samples in the building damage dataset. In this dataset as well, wavelet pooling provides the highest accuracy (97.44%) and the highest AUC (0.996); this confirms that wavelet pooling is often more successful than other methods in clean images in both datasets.

Table 2. Building damage dataset - clean image results (n = 547)

Methods	Accuracy	F1	AUC
Max pooling	0,9689	0,9665	0,992
Avg pooling	0,9671	0,9646	0,987
Wavelet pooling	0,9744	0,9721	0,996

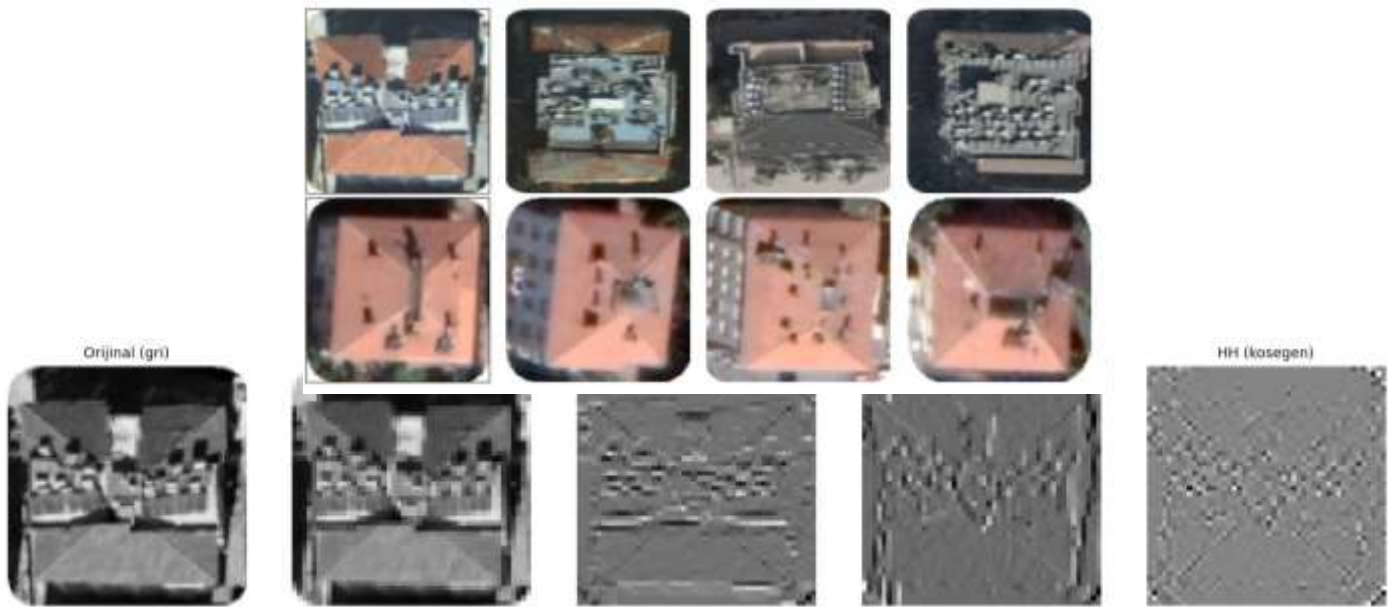


Figure 2. Top image shows example images; bottom image shows Haar sub-bands of a building damage (positive) sample.

The most interesting finding of the study emerges when graded Gaussian noise is added to the test images. In the concrete crack dataset, while wave pooling still maintains approximately 97% accuracy at a sigma level of around 0.10, max and avg pooling drops to around 90%. The difference becomes most dramatic when sigma reaches 0.15: wave pooling remains at approximately 91%, while max pooling drops to 67% and avg pooling to 55%. A possible explanation for this result is that the high-contrast and sharp nature of the crack structure means that this information is largely preserved in the low-frequency (LL) band of the wavelet. In the building damage dataset, however, the situation is completely reversed. Even at a noise level as low as sigma 0.05, the accuracy of wave pooling drops to approximately 80%, while avg pooling remains around 96%. At Sigma 0.10 and above, wavelet pooling collapses to a level close to random estimation, while avg pooling emerges as the most robust method. This reversal is explained by the fact that a significant portion of the distinctive information in building damage is carried in high-frequency bands (LH, HL, HH); since wavelet pooling discards these bands, it suffers a significant performance loss under noise in this dataset.

Table 3. Comparison of two datasets at a noise level of $\sigma = 0.15$.

Data Set	Image Structure	Clean Image Winner	$\sigma=0.15$ Accuracy (Wavelet / Opponent)
Concrete Cracks	High contrast, local, sharp edge	Wavelet pooling	~%91 / avg ~%55
Building Damage	Low contrast, complex, multi-scale	Wavelet pooling	~%48 / avg ~%91

Table 3 compares the two datasets based on accuracy values at a noise level of sigma = 0.15. While wavelet pooling (~91%) clearly outperforms average pooling (~55%) in concrete crack images, the situation is reversed in building damage images, where average pooling (~91%) outperforms wavelet pooling (~48%). This finding demonstrates that there is no universal “best pooling method”; rather, for wavelet pooling to provide noise robustness, the discriminative information must be largely concentrated in the low-frequency (LL) band.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

The findings revolve around three key messages. First, parameter-free Haar wavelet pooling is, in most cases, as effective as—and often more effective than—classical max and avg pooling methods on clean images in both datasets. Second, and this is the main contribution of the study, robustness under noise is not universal; it varies depending on the frequency structure of the dataset. While wavelet pooling provides superior robustness in high-contrast concrete crack images containing local structures, average pooling yields much more stable results in low-contrast, multiscale building damage images. Third, these findings translate into a practical recommendation. In CNN-based image classification applications, the pooling method should be selected by taking the frequency characteristics of the data into account.

Among the method's strengths are that it is completely parameter-free—and thus imposes no cost in terms of model complexity—and that it performs at least as well as other methods on clean images across two different datasets. The study also has some limitations. Only the lowest frequency (LL) band was used in the study; weighted subband combinations (a combination of LL with LH/HL/HH) were not tested. The evaluation was limited to two datasets and a single CNN architecture. Finally, the noise model was limited to Gaussian noise; other types of degradation, such as blurring and JPEG compression, were not tested (Dodge & Karam, 2016).

In light of these findings, it is recommended that, for future studies, adaptive wavelet pooling schemes—which heavily combine the LL band with high-frequency subbands—be tested under different image types and different noise/distortion models. In conclusion, it is assessed that parameter-free Haar wavelet pooling offers a low-cost and effective alternative in applications with known frequency structures; however, the choice of pooling method must be made deliberately based on the characteristics of the data.

REFERENCES

- AFAD. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri hasar tespit çalışmaları. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr>
- Cha, Y.-J., Choi, W., & Büyüköztürk, O. (2017). Deep learning-based crack damage detection using convolutional neural networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32(5), 361-378. <https://doi.org/10.1111/mice.12263>
- Daubechies, I. (1992). Ten lectures on wavelets. SIAM. <https://doi.org/10.1137/1.9781611970104>
- Dodge, S., & Karam, L. (2016). Understanding how image quality affects deep neural networks. 2016 Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX). <https://doi.org/10.1109/QoMEX.2016.7498955>
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861-874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- Gupta, R., Hosfelt, R., Sajeev, S., Patel, N., Goodman, B., Doshi, J., Heim, E., Choset, H., & Gaston, M. (2019).xBD: A dataset for assessing building damage from satellite imagery. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.09296>
- Kyrkou, C., & Theodorides, T. (2020). EmergencyNet: Efficient aerial image classification for drone-based emergency monitoring using atrous convolutional feature fusion. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 1687-1699. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2969809>
- Li, Q., Shen, L., Guo, S., & Lai, Z. (2021). WaveCNet: Wavelet integrated CNNs to suppress aliasing effect for noise-robust image classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 7074-7089. <https://doi.org/10.1109/TIP.2021.3101395>
- Liu, P., Zhang, H., Zhang, K., Lin, L., & Zuo, W. (2018). Multi-level wavelet-CNN for image restoration. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 886-895. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2018.00121>
- Mallat, S. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11(7), 674-693. <https://doi.org/10.1109/34.192463>
- Özgenel, Ç. F. (2019). Concrete crack images for classification (Version 2) [Data set]. Mendeley Data. <https://doi.org/10.17632/5y9wdsg2zt.2>
- Tasci, B., Acharya, M. R., Baygin, M., Dogan, S., Tuncer, T., & Belhaouari, S. B. (2023). InCR: Inception and concatenation residual block-based deep learning network for damaged building detection using remote sensing images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 123, 103483.
- Williams, T., & Li, R. (2018). Wavelet pooling for convolutional neural networks. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- Zhang, R. (2019). Making convolutional networks shift-invariant again. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML)*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.11486>

EPILEPTIC SEIZURE DETECTION USING A TRAINABLE MORLET WAVELET-LAYERED DEEP LEARNING MODEL

Lecturer, Ph.D., Asli KAYA KARAKUTUK1 / Assoc. Prof. Dr., Ozer OZDEMIR2

1Eskişehir Technical University, Rectorate, aslikaya@eskisehir.edu.tr, 0000-0003-2155-9391

2Eskişehir Technical University, Statistics, ozerozdemir@eskisehir.edu.tr, 0000-0003-2446-5139

Abstract

Automatic detection of epileptic seizures from electroencephalography (EEG) signals is a significant research area in clinical decision support systems. In classical approaches, signals are typically analyzed using fixed wavelet transforms. Features are classified using machine learning methods. The inability of fixed wavelet bases to adapt to data features can limit performance. In convolutional neural networks (CNNs), sampling reduction is usually performed using maximum (max) or average (avg) pooling. However, max pooling is sensitive to high-frequency noise, and avg pooling suppresses directional detail. In this study, a 1-dimensional convolutional neural network (1D-CNN) model containing a Morlet-based wavelet layer whose center frequency and scale can be learned during training was used. The approach was compared with a fixed DWT-based method and a standard 1D-CNN model. Experiments were performed on the UCI/Kaggle Epileptic Seizure Recognition dataset using 10-fold cross-validation. The results show that the learnable Morlet wavelet layer achieves classification performance comparable to standard CNNs, and both deep learning approaches are significantly more successful than the fixed DWT-based method. Furthermore, it was observed that the learned filters adapt to the frequency bands where epileptic activity is concentrated, and the resulting features more clearly distinguish seizure classes. The findings demonstrate that learnable wavelet layers not only achieve high classification accuracy but also provide a more interpretable representation.

Keywords: : Wavelet, Morlet, Convolutional Neural Network, Epilepsy

INTRODUCTION

In the clinical management of epileptic seizures, establishing an automated and reliable detection system based on electroencephalography (EEG) signals has long been a significant challenge. According to World Health Organization data, epilepsy is one of the most common neurological disorders, affecting approximately 50 million people worldwide (WHO, 2024); the definition and classification of seizures are based on internationally accepted clinical criteria (Fisher et al., 2014). This scale of public health burden (GBD 2021 Epilepsy Collaborators, 2024) makes the individual expert review of EEG recordings both time-consuming and risky in terms of inter-observer consistency.

From a statistical perspective, the problem can be framed as a classic binary classification problem in which an EEG segment consisting of $T = 178$ time points are treated as a noisy, high-dimensional time series, and the conditional probability $P(y|x)$ for the hidden class label y is estimated. In classical approaches, signals are mostly analyzed using fixed wavelet transformations. Features are then fed into machine learning classifiers in a separate stage. However, the inability of fixed wavelet bases to accommodate individual or pathology-specific frequency shifts can limit performance. In end-to-end models based on deep learning, sampling reduction is largely achieved through maximum (max) or average (avg) pooling; max pooling is sensitive to high-frequency noise and leads to unstable behavior against translation/small distortions (Zhang, 2019), while avg pooling can blur directional and sharp transient patterns. This study utilizes a 1-dimensional convolutional neural network (1D-CNN) model containing a Morlet-based wavelet layer whose center frequency and scale are learned from the data during training. The hypothesis of the study is that a layer that learns wavelet parameters from the data can provide a more flexible solution than a fixed wavelet-based method and a more interpretable solution than a standard CNN. Statistically, the aim is to find a model that is robust enough to reject the null hypothesis (no difference between methods) but avoids unnecessary complexity.

1. RELATED STUDIES

The mathematical foundations of wavelet transform were laid by Mallat (1989) and Daubechies (1992), and multiple resolution analysis and orthogonal wavelet families formed the starting point for fixed-base approaches in this field; however, these classical wavelet bases are data-independent and do not involve learning. The Epileptic Seizure Recognition dataset used originates from nonlinear time series analysis of EEG recordings collected at the University of Bonn (Andrzejak et al., 2001); this study does not propose a classifier but examines the statistical properties of the signal.

The evolution of fixed wavelet-based representations into learnable architectures began with Bruna and Mallat's (2013) scattering networks; in this study, the wavelet base remained fixed, and only the subsequent layers were learned. Fujieda et al. (2017) applied wavelet transformation to images for tissue classification in their Wavelet CNN architecture, but the wavelet used was again fixed, and the method was image-specific. As an example of the direct application of deep learning in EEG-based seizure detection, Acharya et al. (2018) proposed a 13-layer 1D-CNN and achieved high classification performance, but the low interpretability of the model remained a limitation.

Among learnable filter approaches, Ravanelli and Bengio's (2018) SincNet stands out; in this study, the edge frequencies of rectangular band-pass filters are learned, but the rectangular band structure weakens time-frequency localization. Türk and Özerdem (2019) provided scalograms obtained with continuous wavelet transform (CWT) as input to a 2D CNN, but the CWT transform is calculated outside the network, beforehand. Focusing on the problem of fault diagnosis on vibration signals, Li et al. (2021) proposed a learnable CWConv layer in their approach called WaveletKernelNet, showing that this principle can also be effective in signal types other than EEG. This study extends the aforementioned approach to EEG-based seizure detection, utilizing a Morlet wavelet layer whose center frequency (ω_k) and scale (α_k) are learned during training. The complex-

valued, Gaussian-envelope structure of the Morlet wavelet offers better time-frequency localization (Heisenberg equilibrium) compared to SincNet's rectangular band, and its ability to be fully defined with only two scalar parameters makes it suitable for learnability. Thus, both learnability and interpretability are aimed for simultaneously.

2. METHOD

Morlet wavelet is a complex-valued, Gaussian envelope plane wave that provides simultaneous localization in time and frequency domains. The discrete-time filter kernel is defined as Eq 1.

$$g_k[n] = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_k}} \right) \cos \left(\omega_k \left(\frac{n - N/2}{\alpha_k} \right) \cdot \exp \left(-\frac{(n - N/2)^2}{2\alpha_k^2} \right) \right) \quad (1)$$

where ω_k represents the center (carrier) frequency and α_k represents the scale. The output of the layer is calculated as the convolution of this kernel with the input signal x , as Eq 2.

$$y_k[n] = \sum_m x[n - m] g_k[m] \quad (2)$$

In practice, by choosing $\omega_k \gtrsim 5$ rad/s, the negative-frequency leakage of the Gaussian envelope is kept at a negligible level and approximately satisfies the $\psi(t)$ admissibility condition. Since each filter is defined by only two learnable scalars (ω_k, α_k), it contains far fewer parameters compared to a free-weighted convolution layer, and each filter can be given a clear physical meaning such as "this filter is looking at this frequency band". Parameters are updated using backpropagation with the chain rule, and optimization is performed with the Adam algorithm (Kingma & Ba, 2015).

The model is a 1D-CNN that directly processes raw EEG segments (178 samples/1 second, single channel). The input is first passed through a learnable Morlet layer, then a standard Conv1D layer combines local patterns, and after pooling, the fully coupled (dense) layer and sigmoid output layer generate the binary class probability (seizure/non-seizure). Training was performed by minimizing binary cross-entropy loss.

The Epileptic Seizure Recognition dataset used in the experiments is derived from EEG recordings from the University of Bonn (Andrzejak et al., 2001) and is available on Kaggle. It contains 11,500 1-second EEG segments consisting of 178 time points. The original dataset contains 5 classes: 1 seizure class and 4 different non-seizure states; In this study, the problem was transformed into a binary classification (seizure vs. non-seizure) in order to focus on the clinically critical distinction of "seizure presence/absence" and to make class imbalance more manageable.

The learnable Morlet layered 1D-CNN was evaluated using two comparison methods: (i) the classical baseline method where features extracted by fixed discrete wavelet transform (DWT) are fed into logistic regression, and (ii) a standard 1D-CNN with a free-weighted first layer.

All three methods were trained and tested with the same data splitting, the same 10-fold cross-validation (CV) layers, and the same preprocessing steps. The learnable Morlet model and the standard CNN have similar depth and parameter budgets, except for the first layer. The aim of this design is to ensure that any performance difference observed between the methods stems directly from the representation in the first layer, not from architectural or setting differences. Model performance was measured in each layer by accuracy, F1-score, and area under the ROC curve (AUC) (Fawcett, 2006); the statistical significance of the difference between the methods was evaluated using a paired t-test on layer-by-layer results.

3. FINDINGS

Table 1 shows the mean and standard deviations of the accuracy, F1-score, and AUC values of the three methods on 10-fold cross-validation. The learnable Morlet wavelet layer model shows significantly higher performance than the fixed DWT-based method in all three metrics, while producing very similar results to the standard CNN.

Table 1. Results of 10-fold cross-validation of the three methods (mean $\pm$ standard deviation)

Methods	Accuracy	F1	AUC
DWT + LogReg	0,963 $\pm$ 0,005	0,913 $\pm$ 0,011	0,993 $\pm$ 0,003
Standard 1B-CNN	0,980 $\pm$ 0,005	0,952 $\pm$ 0,011	0,998 $\pm$ 0,001
Trainable Morlet Wavelet	0,981 $\pm$ 0,004	0,953 $\pm$ 0,010	0,998 $\pm$ 0,001

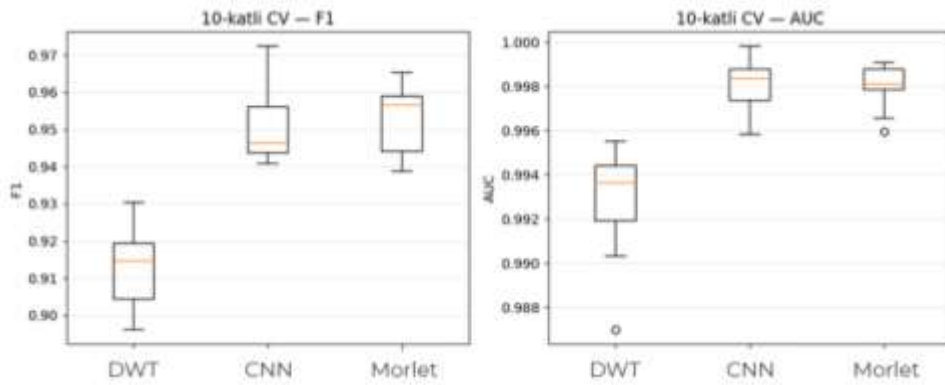


Figure 1. Distribution of F1 and AUC over a 10-fold range (box: interquartile range, line: median, dot: outlier)

A paired t-test performed on the layer-based results shows that the learnable Morlet layer has a statistically significant advantage over the fixed DWT-based method in all three metrics (*accuracy*: $t(9) = 10.90, p < 0.001$; *F1*: $t(9) = 10.88, p < 0.001$; *AUC*: $t(9) = 9.24, p < 0.001$). In contrast, the difference between the learnable Morlet and the standard CNN was not statistically significant (*accuracy*: $p \approx 0.72$; *F1*: $p \approx 0.72$; *AUC*: $p \approx 0.51$); this indicates that the layer-based performance distributions of the two methods are statistically indistinguishable.

3.1. Interpretability of Learned Filters and Feature Space Analysis

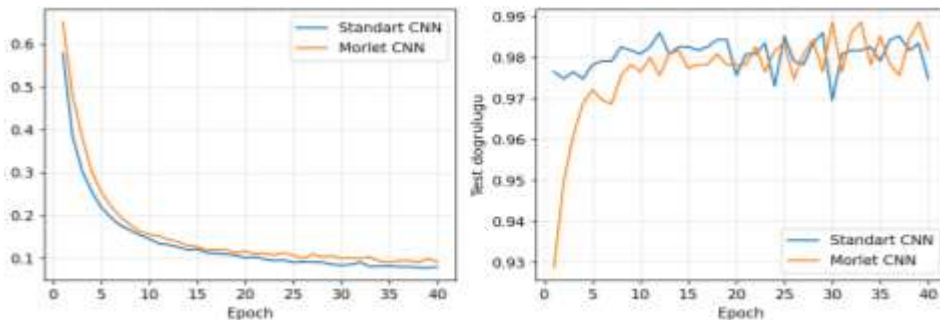


Figure 2. Training curves of methods.

Upon examining the training curves, it is observed that both the standard CNN and the learnable Morlet model exhibit a smooth, monotonically decreasing loss curve; the standard CNN converges slightly faster in the first few epochs, while the Morlet model closes this gap by the 5th to 10th epoch. Test accuracy stabilizes in the range

of approximately 0.97–0.99 for both models, and no significant divergence is observed between training and test performance; this indicates that there are no clear signs of overfitting.

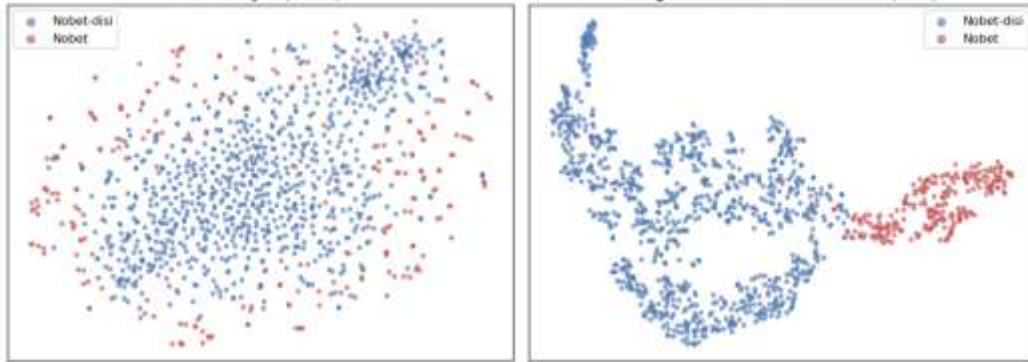


Figure 3. Class separation visualized using t-SNE in the feature space

As shown in Figure 3, when the raw EEG signal is visualized directly using t-SNE (Van der Maaten & Hinton, 2008), the seizure and non-seizure classes exhibit a largely overlapping distribution. In contrast, visualizing the features obtained from the learnable Morlet layer using the same method shows that the seizure class forms a distinct and separate cluster in the feature space. This finding demonstrates that the wavelet layer not only improves classification accuracy but also produces a more discriminative representation between classes.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

The findings demonstrate that the proposed learnable Morlet wavelet layer contributes in three aspects. First, a statistically significant improvement is achieved compared to the fixed DWT-based baseline method ($p < 0.001$ in all metrics). This result confirms that learning wavelet parameters from the data offers a tangible advantage over a fixed baseline. Second, the learnable Morlet layer exhibits statistically indistinguishable performance from the standard CNN ($p \approx 0.72$ in F1, $p \approx 0.51$ in AUC), but achieves this with only two learnable parameters per filter, at a much lower computational and parameter cost compared to a free-weighted convolution layer. Third, the spread of the center frequencies of the learned filters across the theta-gamma range of the EEG and the significant decomposition of seizure class in the feature space of t-SNE visualization demonstrate that the model offers not only high classification performance but also a clinically interpretable representation.

The study has some limitations. The evaluation was limited to single-channel and short (1-second) EEG windows; multi-channel recordings and longer-term temporal dependencies were not tested in this study. Furthermore, the five-class structure included in the original dataset was reduced to a binary problem; clinical subtypes within non-seizure situations were not evaluated separately. Finally, the model was validated on a single dataset (Bonn/UCI), and generalizability across patients or recording devices remains an open question.

In light of these findings, it is recommended that future studies evaluate multi-channel EEG recordings and longer time windows, separately classify the original five-class clinical subtypes, and cross-validate the model across different hospital or device-derived datasets. In conclusion, a Morlet wavelet layer with center frequency and scale learned from the data is considered a promising alternative for interpretable deep learning in EEG-based seizure detection.

REFERENCES

Acharya, U. R., Oh, S. L., Hagiwara, Y., Tan, J. H., & Adeli, H. (2018). Deep convolutional neural network for the automated detection and diagnosis of seizure using EEG signals. *Computers in Biology and Medicine*, 100, 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2017.09.017>

- Andrzejak, R. G., Lehnertz, K., Mormann, F., Rieke, C., David, P., & Elger, C. E. (2001). Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state. *Physical Review E*, 64, 061907. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.061907>
- Bruna, J., & Mallat, S. (2013). Invariant scattering convolution networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8), 1872-1886. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2012.230>
- Daubechies, I. (1992). Ten lectures on wavelets. SIAM. <https://doi.org/10.1137/1.9781611970104>
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861-874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- Fisher, R. S. et al. (2014). ILAE official report: A practical clinical definition of epilepsy. *Epilepsia*, 55(4), 475-482. <https://doi.org/10.1111/epi.12550>
- Fujieda, S., Takayama, K., & Hachisuka, T. (2017). Wavelet convolutional neural networks for texture classification. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.07394>
- GBD 2021 Epilepsy Collaborators. (2024). Global, regional, and national burden of epilepsy, 1990-2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Public Health*. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00302-5](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00302-5)
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980>
- Li, T., Zhao, Z., Sun, C., Cheng, L., Chen, X., Yan, R., & Gao, R. X. (2021). WaveletKernelNet: An interpretable deep neural network for industrial intelligent diagnosis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 52(4), 2302-2312. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2020.3048950>
- Mallat, S. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11(7), 674-693. <https://doi.org/10.1109/34.192463>
- Newson, J. J., & Thiagarajan, T. C. (2019). EEG frequency bands in psychiatric disorders: A review of resting state studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 521. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00521>
- Ravanelli, M., & Bengio, Y. (2018). Speaker recognition from raw waveform with SincNet. 2018 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT), 1021-1028. <https://doi.org/10.1109/SLT.2018.8639585>
- Türk, Ö., & Özerdem, M. S. (2019). Epilepsy detection by using scalogram based convolutional neural network from EEG signals. *Brain Sciences*, 9(5), 115. <https://doi.org/10.3390/brainsci9050115>
- Van der Maaten, L., & Hinton, G. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, 9, 2579-2605.
- World Health Organization (WHO). (2024). Epilepsy [Fact sheet]. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>
- Zhang, R. (2019). Making convolutional networks shift-invariant again. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML)*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.11486>

THE EFFECT OF USING HIGH LEVELS OF FUMARIC ACID AND TARTARIC ACID IN THE DIET ON THE PERFORMANCE, SLAUGHTERING CHARACTERISTICS AND BONE PARAMETERS OF GROWING QUAILS

Doç. Dr., Esra Tuğçe GÜL^{1*}/ Sümeyye TÜRK YILDIZ²/ Prof. Dr., Osman OLGUN³

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Selçuk University, 4130, Konya, Türkiye, esra.gul@selcuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2496-685X

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Selçuk University, 4130, Konya, Türkiye, sumeyye.turk@hotmail.com, ORCID: 0009-0006-8310-8333

³Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Selçuk University, 4130, Konya, Türkiye, oolgun@selcuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3732-1137

*Correspondence: esra.gul@selcuk.edu.tr

Abstract

This study aimed to determine the effects of high (10 g/kg) level of fumaric acid and tartaric acid in the diet on performance, slaughtering characteristics, some internal organ weights, and bone parameters in growing quail. The study was conducted in three treatment groups with six replicates containing 20 quail chicks each, consisting of control (no supplement), 10 g/kg fumaric acid supplement, and 10 g/kg tartaric acid supplement. A total of 360 quail chicks, mixed-sex and day-old age, were fed ad libitum with the treatment diets for five weeks.

In the study, feed intake, body weight, body weight gain ($P<0.01$), and small intestine ratio ($P<0.05$) were significantly in the group added tartaric acid supplementation compared to the control and fumaric acid groups. Mortality, shear force, and shear energy (peak) ($P<0.05$) were significantly lower in the tartaric acid group compared to the control group. Bone cross-sectional area ($P<0.05$) and ash content ($P<0.01$) decreased with the use of high levels of organic acids in the diet.

In the study, feed conversion ratio, carcass ratio, thigh+back ratio, liver ratio, heart ratio, pancreas ratio, gizzard ratio, proventriculus ratio, testis ratio, caecum ratio, bone diameter, bone wall thickness, shear stress, and shear energy (total) were not affected by the treatment groups ($P>0.05$).

In conclusion, it was determined that the use of fumaric acid and tartaric acid at 10 g/kg in growing quail diets negatively affected bone properties. The use of fumaric acid at 10 g/kg tended to improve performance, while the use of tartaric acid at 10 g/kg negatively affected performance.

Keywords: Bone, carcass, fumaric acid, performance, quail, tartaric acid.

INTRODUCTION

In the poultry industry, organic acids are used as an alternative to antibiotics to protect feed, reduce the activity of harmful microorganisms, and improve the digestive system for the growth and development of beneficial bacteria (Wang et al., 2009). Organic acids, which can contain carboxylic acids, fatty acids, and amino acids in their structures, are generally referred to and defined as fatty acids, carboxylic acids, and weak acids. Acetic acid, formic acid, lactic acid, malic acid, butyric acid, and their salts, including fumaric acid and tartaric acid, are used in animal feed. Since organic acids are metabolized into carbon dioxide and water, they do not pose any risk or leave residues when used in the feed of farm animals, just like other living organisms (Sacakli et al., 2006; Güçlü and Kara, 2010; Theron and Lues, 2010; Kaya et al., 2014). In poultry nutrition, organic acids primarily exert their benefits by lowering the pH in the digestive system, thereby increasing nutrient digestion, and by creating an antimicrobial effect on the cell membranes of harmful microorganisms in the digestive system through the low pH (Papatsiros et al., 2013). This property of organic acids has enabled them to acquire growth-promoting properties and to be used as an alternative to antibiotics (Fascina et al., 2012).

Fumaric acid is registered as a preservative in feed for all animal species. For poultry, fumaric acid is considered safe if the usage level in the diet does not exceed 20 g/kg. Addition of fumaric acid to the diets of growing poultry has been reported to improve growth performance (İslam et al., 2008; Adil et al., 2010; Banday et al., 2015; Abdelli et al., 2021), increase carcass yield (Brzóska et al., 2007), reduce the population of pathogenic microorganisms in the digestive system (Pirgozliev et al., 2008; Abdelli et al., 2021; Reda et al., 2021), and improve small intestine histomorphology (Adil et al., 2010; Abdelli et al., 2021). Studies have reported that adding tartaric acid to poultry diets improves performance (Allaw et al., 2015; Bagal et al., 2016; Hassan and Abd El-Dayem, 2019) and increases carcass yield (Allaw et al., 2015).

Organic acids have been widely used in animal feed for approximately the last 20 years, and scientific research on them continues intensively. However, the effects of high-level organic acid use and their comparison with each other is a less studied issue. This study aims to comparatively answer the question of what the effects of high-level additions of fumaric acid and tartaric acid as organic acids to the diet will be on animal performance and other parameters examined. Therefore, in this thesis, the effect of high-level (10 g/kg) addition of fumaric acid and tartaric acid as organic acids to the diet on the growth performance, slaughter parameters, and bone characteristics of growing quails was investigated.

2. MATERIAL AND METHOD

The study was conducted at the Quail Unit of the Prof. Dr. Orhan Düzgüneş Research and Application Facility, Faculty of Agriculture, Selçuk University. The feed ingredients and organic acids were obtained from commercial firms in the Konya. The 360 one-day-old quail chicks of mixed sexes were used in the study.

The diets used in the study was formulated according to NRC (1994) to meet the nutritional needs of growing quails (Table 1). The study lasted 5 periods (weeks) in weekly (7-day) intervals, and feed and water were ad libitum provided to the birds throughout the study period. The study was conducted in three experimental groups, each containing 20 quail chicks and divided into 6 replicates: a basal diet based on corn and soybean meal (control group), and two treatment groups created by adding fumaric acid at a level of 10 g/kg and tartaric acid at a level of 10 g/kg to the basal diet.

To define the performance variables, all experimental birds were weighed as a group at the beginning and end of the experiment (± 0.01 g) and body weight (BW) was determined and body weight gain (BWG) was calculated. Feed intake was calculated from the total feed provided and the residue left in the feeders. Feed conversion ratio (FCR) was calculated for feed intake over weight gain. In the study, dead animals were recorded, and the mortality rate was calculated from this data.

Table 1. Basal diet and nutrient contents

<i>Ingredients</i>	<i>%</i>	<i>Nutrients</i>	<i>%</i>
Corn	49.20	Metabolizable energy, kcal/kg	2898
Soybean meal, %47.6	43.90	Crude protein	23.98
Vegetable oil	3.170	Calcium	1.00
Limestone	1.12	Total phosphorus	0.51
Dicalcium phosphate	1.86	Available phosphorus	0.30
Salt	0.30	Lysine	1.35
Premix ¹	0.10	Methionine	0.52
DL-methionine	0.25	Cystine	0.44
Toxin binder	0.10	Methionine + cystine	0.96

¹Premiks provides 13000 IU vitamin A; 5000 IU vitamin D₃; 80 mg vitamin E; 4 mg vitamin K₃; 5 mg thiamine; 9 mg riboflavin; 25 mg pantothenic acid; 70 mg niacin; 5 mg pyridoxine; 0.35 mg biotin; 2.5 mg folic acid; 0.02 mg vitamin B₁₂ mg; 16 mg copper; 1.25 mg; 20 mg iron; 120 mg manganese; 0.30 mg selenium; 120 mg zinc per kg of feed.

At the end of the experiment, four male quails from each subgroup were euthanised by cervical dislocation. Carcass, thigh, breast, liver, heart, proventriculus, gizzard, testis and pancreas were weighed with a 0.01 g precision scale and then their relative weights determined. Relative weight of carcass and internal organs were calculated as a percentage of body weight. The relative weights of thighs and breasts have been determined as a percentage of the carcass weight. After data were obtained for slaughtering parameters, tibial samples were taken for analysis.

At the end of the study, the right and left tibias were taken from 4 male quails in the subgroup for the measurement of bone parameters. The flesh and soft tissues on the tibias were carefully cleaned. The left tibias were dried at 105°C for 24 hours, then weighed, and the ash content was determined by burning them in an ash furnace at 550°C for 24 hours. From these figures, the % ash content was calculated using the formula (tibia ash weight / dry weight) × 100. The samples taken for ash level and biomechanical measurements were studied for the determination of bone diameter, bone wall thickness, bone cross-sectional area, shear force, shear stress, and shear energy following the methods proposed by Wilson and Ruszler (1996), Armstrong et al. (2002) and Gül et al. (2022).

The study was designed using three treatment groups: control (without added organic acid), and treatment with 10 g/kg fumaric acid and 10 g/kg tartaric acid. Duncan's multiple comparison test was used to determine the differences between the groups.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Performance

The effects of using high levels (10 g/kg) of fumaric acid and tartaric acid in growing quail diets on performance parameters are shown in Table 2.

As seen in Table 2, the initial and final BW and FCR of the groups were statistically similar ($p > 0.05$), while the BWG and FI were significantly lower in the tartaric acid group compared to the other groups ($p < 0.01$). Mortality rate was significantly higher in the tartaric acid group compared to the control group ($p < 0.05$).

Table 2. Effect of high levels of fumaric acid and tartaric acid in the diet on performance parameters of growing quails

Parameters	Treatment groups			SEM	P value
	Control	Fumaric acid	Tartaric acid		
Initial body weight, g	8.94±0.143	8.77±0.099	8.91±0.132	0.126	0.606
Final body weight, g	188.40±2.784	188.63±2.964	175.43±3.127	2.96	0.090
Body weight gain, g	179.46±2.711 ^A	179.86±2.915 ^A	166.52±3.119 ^B	2.92	0.008
Feed intake, g	511.47±5.503 ^A	508.42±5.960 ^A	480.11±5.773 ^B	5.75	0.003
Feed conversion ratio	2.85±0.028	2.83±0.028	2.89±0.046	0.036	0.529
Mortality rate, %	1.67±1.670 ^b	5.00±3.423 ^{ab}	16.67±5.580 ^a	3.90	0.038

Control group: No organic acid added; Fumaric acid: 10 g/kg fumaric acid added; Tartaric acid: 10 g/kg tartaric acid added.

^{A,B}: Differences among treatments are statistically significant at the $p < 0.01$ level.

^{a,b}: Differences among treatments are statistically significant at the $p < 0.05$ level.

In this study, the addition of tartaric acid at a level of 10 g/kg to the diet negatively affected the BW, BWG, FI, and mortality rate of growing quails. It has been reported that the addition of fumaric acid to growing poultry diets either increased BW (Banday et al., 2015; Ding et al., 2020; He et al., 2020a; He et al., 2020b; Abdelli et al., 2021; Reda et al., 2021; Allaw et al., 2023) or had no effect (Pirgozliev et al., 2008; Çetin and Kurbal, 2018). It has been reported that the addition of fumaric acid to the diet increases (Çetin and Kurbal, 2018; He et al., 2020; Abdelli et al., 2021; Allaw et al., 2023) or decreases (Pirgozliev et al., 2008; Çetin and Kurbal, 2018; Reda et al., 2021) or has no effect (Islam et al., 2008; Adil et al., 2010; Ding et al., 2020; He et al., 2020b) FI. The number of studies examining the effect of tartaric acid on poultry is quite limited. Although Al-Amri and Al-Jashami (2019) stated that adding 3.0% tartaric acid to the diet caused a decrease in the FI of broilers, Hassan and Abd El-Dayem (2019) determined that adding 0.30% tartaric acid to the diet increased its FI. However, Allaw (2015) reported that adding 0.25 and 0.75 g/L of tartaric acid to the water, and Bagal et al. (2016) reported that adding 0.5% and 1.0% of tartaric acid to the feed did not affect the FI of broilers. In contrast to the present study, it has been reported that the addition of tartaric acid either improved (Allaw, 2015; Hassan and Abd El-Dayem, 2019) or did not affect (Bagal et al., 2016; Al-Amri and Al-Jashami, 2019) both BW and BWG. Previous studies have not reported the effect of tartaric acid supplementation on poultry mortality, which may be because, unlike the current study, tartaric acid supplementation did not affect mortality. Similarly, it did not affect the FCR of quail, a result consistent with Bagal et al. (2016), but inconsistent with the findings of Allaw (2015), Al-Amri and Al-Jashami (2019), and Al-Amri and Al-Jashami (2019), who reported that tartaric acid supplementation improved FCR in broilers. The fact that broilers were used as animal material in all of the aforementioned studies suggests that quail, the animal material used in the current study, are more sensitive to tartaric acid (at the 10 g/kg level). Because while the tartaric acid level in the present study was 10 g/kg (1.0%), in the study by Al-Amri and Al-Jashami (2019), although the addition of fumaric acid at a level of 3.0% (30 g/kg) decreased the FI in broilers, a decrease in FI at a level of 2.50% (25 g/kg) was not observed. A similar situation was observed in the study by Bagal et al. (2016) (1.0-10 g/kg). Therefore, it is thought that the difference between the current study and previous studies on the effect of tartaric acid is due to the animal material used, not the added level, and that further studies (level studies) on quails will clarify this issue. The negative impact of tartaric acid addition on BW

in this study may be due to the fact that quails cannot obtain sufficient nutrients for BWG because tartaric acid has an appetite-suppressing property that prevents them from consuming feed.

3.2. Slaughtering Characteristics

The effects of using high amounts of fumaric acid and tartaric acid in growing quail diets on slaughtering characteristics are given in Table 3.

Except for the small intestine ratio, the slaughtering characteristics of growing quail were not statistically affected by the addition of high levels of fumaric acid and tartaric acid to the growing quail diets ($P>0.05$). However, the small intestine ratio of growing quail was found to be statistically higher in the control and fumaric acid groups compared to the tartaric acid group ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of high levels of fumaric acid and tartaric acid in the diet on slaughtering characteristics of growing quails

Parameters	Treatment groups			SEM	P value
	Control	Fumaric acid	Tartaric acid		
Carcass rate ¹	60.82±0.874	61.71±2.639	58.71±0.643	1.64	0.437
Thigh rate ²	36.06±0.677	34.00±0.937	36.30±0.598	0.75	0.091
Breast rate ²	55.85±0.760	56.40±0.768	55.56±0.841	0.79	0.748
Liver rate ¹	2.11±0.118	2.36±0.133	2.36±0.097	0.117	0.247
Heart rate ¹	0.85±0.016	0.81±0.016	0.81±0.036	0.025	0.447
Pancreas rate ¹	0.26±0.033	0.28±0.030	0.30±0.010	0.027	0.651
Gizzard rate ¹	2.11±0.099	2.08±0.111	2.09±0.126	0.113	0.978
Proventriculus rate ¹	0.47±0.031	0.42±0.025	0.37±0.026	0.027	0.058
Testis rate ¹	0.37±0.054	0.96±0.264	0.64±0.181	0.188	0.118
Small intestine rate ²	2.13±0.058 ^a	2.13±0.058 ^a	1.92±0.063 ^b	0.060	0.043
Caecum rate ²	0.23±0.015	0.28±0.022	0.24±0.016	0.018	0.116

Control group: No organic acid added; Fumaric acid: 10 g/kg fumaric acid added; Tartaric acid: 10 g/kg tartaric acid added.

^{a,b}: Differences among treatments are statistically significant at the $p < 0.05$ level

¹% of body weight

²% of carcass weight

The results of this study are similar to the results of studies by Islam et al. (2008), Adil et al. (2010), Banday et al. (2015), Çetin and Kurbal (2018), and Reda et al. (2021), which reported that the addition of fumaric acid to the diet did not affect carcass characteristics in broilers. However, it has also been reported that the addition of fumaric acid to the diet positively (dos Santos et al., 2009; He et al., 2020b) or negatively (Selim et al., 2022) affects the carcass characteristics of broilers. Allaw (2015) reported that the addition of tartaric acid to drinking water caused an increase in carcass ratio in broilers, while Hassan and Abd El-Dayem (2019) reported that the carcass ratio in broilers was not affected by the addition of tartaric acid to the diet.

Islam et al. (2008) and Adil et al. (2010) reported that the ratios of internal organs examined in broilers were not affected by the addition of fumaric acid to the diet, while Brzóska et al. (2007) stated an increase in liver ratio in broilers, Reda et al. (2021) in quails, Selim et al. (2022) an increase in gizzard ratio in broilers, and that the ratios

of other internal organs examined were unaffected. Allaw (2015) reported that the addition of tartaric acid to broiler diets reduced heart rate but did not affect liver and gizzard rates. In the present study, the ratio of small intestine to body length was shortened with the addition of tartaric acid to the diet. However, Allaw (2015) stated that the addition of tartaric acid at levels of 0.25 and 0.75 g/L to drinking water, and Hassan and Abd El-Dayem (2019) reported that the addition of 0.30% tartaric acid to diet had an effect of increasing the length of the small intestine and digestive system, respectively, in broilers. It has been reported that the addition of fumaric acid as an additive to the diet did not affect the small intestine length of broilers (Banday et al., 2015) or decreased it (Çetin and Kurbal, 2018), and these results are not consistent with the present study.

3.3. Tibia Ash Level and Biomechanical Traits

The effects of using high levels of fumaric acid and tartaric acid in growing quail diets on tibia properties are given in Table 4.

Table 4. Effect of high levels of fumaric acid and tartaric acid in the diet on tibia ash levels and biomechanical traits of growing quails

Parameters	Treatment groups			SEM	P value
	Control	Fumaric acid	Tartaric acid		
Ash level, %	49.51±0.297 ^A	46.46±0.676 ^B	44.15±0.520 ^C	0.521	<0.001
Bone diameter, mm	2.99±0.053	2.94±0.048	2.87±0.054	0.052	0.280
Wall thickness, mm	0.55±0.026	0.47±0.027	0.49±0.022	0.025	0.101
Cross-sectional area, mm ²	4.19±0.140 ^a	3.63±0.174 ^b	3.64±0.064 ^b	0.134	0.014
Shear force, N	252±12.4 ^a	203±14.9 ^{ab}	201±13.0 ^b	13.46	0.028
Shear stress, N/mm ²	60.27±2.934	56.41±4.297	55.31±3.477	3.61	0.605
Shear energy (Peak), N.mm	165±10.9 ^a	136±9.6 ^{ab}	128±8.9 ^b	9.83	0.045
Shear energy (Total), N.mm	208±9.7	196±12.8	172±11.2	11.92	0.126

Control group: No organic acid added; Fumaric acid: 10 g/kg fumaric acid added; Tartaric acid: 10 g/kg tartaric acid added.

^{A,B}: Differences among treatments are statistically significant at the $p < 0.01$ level.

^{a,b}: Differences among treatments are statistically significant at the $p < 0.05$ level.

The use of high levels of fumaric acid and tartaric acid in growing quail diets statistically affected ash content ($P<0.01$), cross-sectional area ($P<0.05$), shear force ($P<0.05$), and shear energy (peak) ($P<0.05$), while no effect was observed in bone diameter, bone wall thickness, shear stress, and shear energy (total) ($P>0.05$). The bone ash content and cross-sectional area of the control group were found to be significantly higher than those of the fumaric acid and tartaric acid groups. The shear force and shear energy (peak) of the control group were significantly higher than those of the tartaric acid group, and the shear force and shear energy (peak) of these two treatment groups were statistically similar to those of the fumaric acid group.

Organic acids increase calcium absorption by lowering pH in the intestine and stimulating intestinal surface area, thus improving bone properties (Boling et al., 2000; Świątkiewicz and Arczewska-Włosek, 2012). In the current study, tartaric acid negatively affected the ash ratio, cross-sectional area, shear force and shear energy (peak) of bone. However, no study examining the bone properties of tartaric acid has been found in the literature. In the study, fumaric acid had a negative effect on the ash ratio and cross-sectional area of bone similar to tartaric acid, but this negative effect was observed to be less than tartaric acid. Selim et al. (2022) reported that the use of 0.2%

fumaric acid in broiler diets increased the bone ash rate, bone calcium level and bone cross-sectional area, but had no effect on breaking strength. Similarly, Kazempour and Jahanian (2017) reported that bone ash and calcium levels increased with the addition of 5 g/kg fumaric acid to the diet in laying hens. The results of this study are incompatible with the results of the current study, and it is thought that the differences may be due to the animal material used, diet and fumaric acid levels.

4. CONCLUSIONS

According to the results of the study, although there was a tendency towards improvement with the addition of high levels (10 g/kg) of fumaric acid to the diet, it is recommended that both organic acids should be used at lower levels because high levels negatively affect bone parameters.

REFERENCES

- Abdelli, N., Francisco Pérez, J., Vilarrasa, E., Melo-Duran, D., Cabeza Luna, I., Karimirad, R., & Solà-Oriol, D. (2021). Microencapsulation improved fumaric acid and thymol effects on broiler chickens challenged with a short-term fasting period. *Frontiers in veterinary science*, 8, 686143.
- Adil, S., Banday, T., Bhat, G. A., Mir, M. S., & Rehman, M. (2010). Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary medicine international*, 2010(1), 479485.
- Al-Amri, Z. A. A., & Al-Jashami, S. M. (2019). Effect of adding citric acid and tartaric acid to the diet on productive performance for broiler chickens (Ross-308). *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 11, 19-29.
- Allaw, A. A. (2015). Effects of Tartaric acid Supplementation to drinking water on Broiler Performance and some Blood Parameters. *Iraqi Poult Sci J*, 9(1), 129-35.
- Allaw, A., Hatem, Q. ve Kamil, Y., 2023. Effect of dietary fumaric acid on growth performance and some biochemical parameters in broiler. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1252(1), 012120.
- Armstrong, T. A., Flowers, W. L., Spears, J. W., & Nielsent, F. H. (2002). Long-term effects of boron supplementation on reproductive characteristics and bone mechanical properties in gilts. *Journal of animal science*, 80(1), 154-161.
- Bagal, V. L., Khatta, V. K., Tewatia, B. S., Sangwan, S. K., & Raut, S. S. (2016). Relative efficacy of organic acids and antibiotics as growth promoters in broiler chicken. *Veterinary world*, 9(4), 377.
- Banday, M. T., Adil, S., Khan, A. A., & Untoo, M. (2015). A study on efficacy of fumaric acid supplementation in diet of broiler chicken. *International Journal of Poultry Science*, 14(11), 589-594.
- Boling, S. D., Webel, D. M., Mavromichalis, I., Parsons, C. M., & Baker, D. H. (2000). The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 78(3), 682-689.
- Brzóška, F., Buluchevskij, S., Steck, K., & Śliwiński, B. (2007). The effects of lactic acid bacteria and mannan oligosaccharide, with or without fumaric acid, on chicken performance, slaughter yield and digestive tract microflora. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16(2), 241-251.
- Çetin, H., & Kurbal, Ö. F. (2018). Fumarik Asitin Broylerlerde Sinderem Sistemi Gelişimi ve Büyüme Performansı Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 21-33.

- Ding, J., He, S., Xiong, Y., Liu, D., Dai, S., & Hu, H. (2020). Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(01), eRBCA-2019.
- dos Santos, E. C., Corsini, I., Trintin, J. P., de Lima, A. A., & dos Santos, E. C. (2009). Effect of non-antibiotic growth promotant additives on performance, carcass yield, total bacteria counts, intestinal pH, and feed pH in broilers. *Revista Agrogeoambiental*.
- Fascina, V. B., Sartori, J. R., Gonzales, E., Carvalho, F. B. D., Souza, I. M. G. P. D., Polycarpo, G. D. V., ... & Pelícia, V. C. (2012). Phytogenic additives and organic acids in broiler chicken diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(10), 2189-2197.
- Gül, E. T., Olgun, O., Yıldız, A., Tüzün, A. E., & Sarmiento-García, A. (2022). Use of maca powder (*Lepidium meyenii*) as feed additive in diets of laying quails at different ages: Its effect on performance, eggshell quality, serum, ileum, and bone properties. *Veterinary Sciences*, 9(8), 418.
- Hassan, M. M., & Abd El-Dayem, A. A. (2019). Improving utilization of acacia leaves meal and its effects on broilers performance. *Egyptian Poultry Science Journal*, 39(3), 657-672.
- He, S., Yin, Q., Xiong, Y., Liu, D., & Hu, H. (2020a). Effects of dietary fumaric acid on the growth performance, immune response, relative weight and antioxidant status of immune organs in broilers exposed to chronic heat stress. *Czech Journal of Animal Science*, 65(3).
- He, S., Ding, J., Xiong, Y., Liu, D., Dai, S., & Hu, H. (2020). Effects of dietary fumaric acid on growth performance, meat quality, nutrient composition and oxidative status of breast muscle in broilers under chronic heat stress. *European Poultry Science*, 84, 1-11.
- Islam, K. M. S., Schuhmacher, A., Aupperle, H., & Gropp, J. M. (2008). Fumaric acid in broiler nutrition: a dose titration study and safety aspects. *International Journal of Poultry Science*, 7(9), 903-907.
- Kaya, A., Kaya, H., Gül, M., & Çelebi, Ş. (2014). Geç dönemde organik asit ilavesinin yumurtlama performansı, yumurta kalite özellikleri ve bağırsak pH'sı üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1), 37-41.
- Kazempour, F., & Jahanian, R. (2017). Effects of different organic acids on performance, ileal microflora, and phosphorus utilization in laying hens fed diet deficient in non-phytate phosphorus. *Animal feed science and technology*, 223, 110-118.
- NRC-National Research Council, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. National Research Council, National Academy Press, 9th Revised Edition, Washington, D.C.
- Papatsiros, V. G., Katsoulos, P. D., Koutoulis, K. C., Karatzia, M., Dedousi, A., & Christodoulopoulos, G. (2014). Alternatives to antibiotics for farm animals. *CABI Reviews*, (2013), 1-15.
- Pirgozliev, V., Murphy, T. C., Owens, B., George, J., & McCann, M. E. E. (2008). Fumaric and sorbic acid as additives in broiler feed. *Research in veterinary science*, 84(3), 387-394.
- Reda, F. M., Ismail, I. E., Attia, A. I., Fikry, A. M., Khalifa, E., & Alagawany, M. (2021). Use of fumaric acid as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth rate, carcass, nutrient digestibility, digestive enzymes, blood metabolites, and intestinal microbiota. *Poultry science*, 100(12), 101493.
- Sacakli, P., Sehu, A., Ergun, A., Genc, B., & Selcuk, Z. (2006). The effect of phytase and organic acid on growth performance, carcass yield and tibia ash in quails fed diets with low levels of non-phytate phosphorus. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(2), 198-202.

- Selim, S., Abdel-Megeid, N. S., Khalifa, H. K., Fakiha, K. G., Majrashi, K. A., & Hussein, E. (2022). Efficacy of various feed additives on performance, nutrient digestibility, bone quality, blood constituents, and phosphorus absorption and utilization of broiler chickens fed low phosphorus diet. *Animals*, 12(14), 1742.
- Świątkiewicz, S., & Arczewska-Wlosek, A. (2012). Bone quality characteristics and performance in broiler chickens fed diets supplemented with organic acids. *Czech Journal of Animal Science*, 57(4), 193-205.
- Theron, M. M., & Lues, J. R. (2010). *Organic acids and food preservation*. CRC press.
- Wang, J. P., Yoo, J. S., Lee, J. H., Zhou, T. X., Jang, H. D., Kim, H. J., & Kim, I. H. (2009). Effects of phenyllactic acid on production performance, egg quality parameters, and blood characteristics in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(2), 203-209.
- Wilson, J. H., & Ruszler, P. L. (1996). Effects of dietary boron supplementation on laying hens. *British Poultry Science*, 37(4), 723-729.

7-10 YAŞ KUR'AN KURSLARININ DEĞERLER EĞİTİMİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ**Yüksek Lisans Öğrencisi Sadegül TAŞCIOĞLU/ Doç. Dr. Ahmet Akif ERBAŞ2,****1 Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Disiplinlerarası Değerler Eğitimi****Programı, sdgltscoglu@gmail.com, 0009-0004-1277-6168****2 Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çocuk Bakımı Gençlik Hizmetleri, akiferbas@gmail.com, 0000-0001-6186-0010****Özet**

Bu araştırmanın amacı, Diyanet İşleri Başkanlığı'na bağlı 7–10 yaş grubu Kur'an kurslarında yürütülen değerler eğitimi uygulamalarını öğretici görüşlerine dayalı olarak derinlemesine incelemektir. Nitel araştırma yaklaşımıyla desenlenen çalışmada, bütüncül tek durum deseni kullanılmıştır. Çalışma grubunu, Zonguldak il merkezi ve ilçelerinde görev yapan, maksimum çeşitlilik örneklemesiyle belirlenen 15 Kur'an kursu öğreticisi oluşturmuştur. Veriler, yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen veriler, içerik analizi yöntemiyle sistematik biçimde çözümlenmiştir. Bulgular, öğreticilerin değerler eğitimi sürecinde ağırlıklı olarak oyun, drama ve hikâye gibi etkin ve katılımcı yöntemlere yer verdiklerini göstermektedir. Bunun yanı sıra, uygulamalı, deneyim temelli ve yaşantısal etkinliklerin öğrenme sürecini desteklediği ifade edilmiştir. Öğreticiler ayrıca değerlerin kazandırılmasında kendi bireysel çabalarının, mesleki deneyimlerinin ve sınıf içinde sergiledikleri rol model olma davranışlarının önemli bir belirleyici olduğunu vurgulamışlardır. Kullanılan yöntemlerin öğrencilerin derse aktif katılımını artırdığı, ilgiyi canlı tuttuğu ve öğrenmenin daha kalıcı hale gelmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, değerler eğitimi sürecinin çeşitli yapısal ve uygulamaya dönük güçlüklerle karşılaştığı ortaya çıkmıştır. Bu güçlükler arasında öğretim programında belirtilen ders süresinin yetersizliği, materyal eksikliği, hizmet içi eğitimlerin sınırlılığı ve aile desteğinin yeterince sağlanamaması yer almaktadır. Ayrıca öğretim sürecinde standart bir uygulama rehberinin bulunmaması da uygulamalar arasında farklılıklara yol açan bir unsur olarak ifade edilmiştir. Araştırmada, 7–10 yaş grubu Kur'an kursu öğretim programındaki görece yeterliğin, uygulama düzeyinde de etkili hale getirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle materyal desteğinin artırılması, ders süresinin yeniden düzenlenmesi, öğretici eğitimlerinin güçlendirilmesi ve aile iş birliğinin sürece daha etkin şekilde dahil edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Değerler Eğitimi, 7-10 Yaş Kur'an Kursu, Öğretici Görüşleri, Nitel Araştırma, Diyanet İşleri Başkanlığı

AN EXAMINATION OF QUR'AN COURSES FOR 7-10 YEAR-OLDS IN THE CONTEXT OF VALUES EDUCATION

Master's Student Sadegül TAŞCIOĞLU¹/ Assoc. Prof. Dr. Ahmet Akif ERBAŞ²

1 Zonguldak Bülent Ecevit University, Institute of Social Sciences, Interdisciplinary Values Education Program, sdgltscoogl@gmail.com, 0009-0004-1277-6168

2 Zonguldak Bülent Ecevit University, Child Care and Youth Services Department, akiferbas@gmail.com, 0000-0001-6186-0010

Abstract

The aim of this research is to examine in depth the values education practices carried out in the 7–10 age group Quran courses affiliated to the Presidency of Religious Affairs based on instructive views. In the study patterned with a qualitative research approach, a holistic single case pattern was used. The study group was formed by 15 Quran course instructors working in Zonguldak provincial center and districts, determined by maximum diversity sampling. The data was collected through the semi-structured interview form. The data obtained were analyzed systematically with the content analysis method. The findings show that the tutorials mainly include effective and participatory methods such as play, drama and story in the process of values education. In addition, it has been stated that practical, experience-based and experience activities support the learning process. The tutorials also emphasized that their own individual efforts, professional experience and their role model behavior in the classroom are an important determinant in gaining values. It has been stated that the methods used increase the active participation of students in the course, keep the interest alive and contribute to making learning more permanent. However, it has been revealed that the values education process has faced various structural and application-oriented difficulties. These difficulties include the lack of course time specified in the curriculum, lack of materials, limited in-service trainings and insufficient provision of family support. In addition, the lack of a standard application guide in the teaching process has also been expressed as an element that leads to differences between applications. In the research, it was concluded that the relative competence in the 7–10 age group Quran course curriculum should also be made effective at the application level. In particular, it is recommended to increase material support, reorganize the lesson time, strengthen instructor trainings and include family cooperation more effectively in the process.

Keywords: Values Education, 7-10 Age Quran Course, Instructive Opinions, Qualitative Research, Presidency of Religious Affairs

EVALUATION OF THE CLINICAL AND LABORATORY FINDINGS OF PATIENTS WITH MYCOSIS FUNGOIDES: PRELIMINARY FINDINGS FROM A SINGLE-CENTER CROSS-SECTIONAL STUDY

Doç. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK

Selcuk University Faculty of Medicine, Department of Dermatology and Venereal Diseases

dermafatma@yahoo.com.tr

ORCID ID: 0000-0002-9339-8331

Abstract

Mycosis fungoides (MF) is the most common type of primary cutaneous T-cell lymphoma. Disease stage is closely associated with prognosis in patients with MF. Recently, hemogram-derived inflammatory indices and biochemical markers reflecting systemic inflammation have attracted considerable attention because of their potential associations with various diseases. This study aimed to evaluate the relationship between disease stage and inflammatory hemogram parameters, beta-2 microglobulin (β 2-microglobulin), and lactate dehydrogenase (LDH) levels in patients with MF. A total of 28 patients diagnosed with MF were included in the study. Patients were divided into two groups according to disease stage: Stage I (n = 17) and Stage II (n = 11). The evaluated variables included age, sex, β 2-microglobulin, LDH, albumin, albumin/ β 2-microglobulin ratio, neutrophil (NEU), lymphocyte (LYM), monocyte (MO), platelet (PLT), eosinophil (EO) counts, neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), monocyte-to-lymphocyte ratio (MLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), and systemic immune-inflammation index (SII). The two groups were comparable with respect to age and sex distribution ($p>0.05$). The median values of the laboratory parameters were as follows: β 2-microglobulin, 2.02 and 2.43 mg/L; LDH, 178 and 189 U/L; albumin, 4.5 and 4.6 g/dL; NLR, 1.67 and 1.88; MLR, 0.29 and 0.24; PLR, 123.5 and 130.1; and SII, 492.1 and 535.8 in the Stage I and Stage II groups, respectively ($p>0.05$). No significant differences were observed between the groups in terms of the other hemogram parameters or the albumin/ β 2-microglobulin ratio ($p>0.05$). In this study, neither hemogram-derived inflammatory indices nor biochemical parameters were significantly associated with disease stage (Stage I vs. II) in patients with MF. These findings suggest that these biomarkers alone may not be sufficient to predict disease stage. However, larger-scale studies are warranted to clarify the potential clinical utility of these markers.

Keywords: Mycosis fungoides, Cutaneous T-cell lymphoma, Beta-2 microglobulin, LDH

MİKOZİS FUNGOİDES HASTALARININ KLİNİK VE LABORATUVAR BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KESİTSEL ÇALIŞMA TEK MERKEZ ÖN BULGULAR**Doç. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK****Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Deri ve Zührevi Hastalıklar AD**dermafatma@yahoo.com.tr**ORCID NO: 0000-0002-9339-8331****Özet**

Mikozis fungoides (MF), primer kutanöz T hücreli lenfomaların en sık görülenidir. MF’de hastalık evresi prognozla çok yakın ilişki içerisinde. Son zamanlarda sistemik inflamasyonu yansıtan hemogram indeksleri ile biyokimyasal belirteçlerin hastalıklarla ilişkisi çok ilgi görmektedir. Biz çalışmamızda MF hastalarında inflamatuvar hemogram verileri, beta-2 mikroglobulin ve laktat dehidrogenaz (LDH) ile hastalık evresi ilişkisi değerlendirilmesi amaçlandı. Çalışmaya 28 MF hastası dahil edildi. Hastalar Evre I (n=17) ve Evre II (n=11) olarak iki gruba ayrıldı. Değerlendirilen değişkenler yaş, cinsiyet, β 2-mikroglobulin, LDH, albümin, albümin/ β 2-mikroglobulin oranı, nötrofil (NEU), lenfosit (LYM), monosit (MO), trombosit (PLT), eozinofil (EO), nötrofil/lenfosit oranı (NLR), monosit/lenfosit oranı (MLR), trombosit/lenfosit oranı (PLR) ve sistemik immün inflamasyon indeksi (SII) idi. Grupların yaş ve cinsiyet dağılımı benzerdi ($p>0,05$). Laboratuvar parametrelerinin medyan değerleri sırasıyla β 2-mikroglobulin 2,02 ve 2,43 mg/L, LDH 178 ve 189 U/L, albümin 4,5 ve 4,6 g/dL, NLR 1,67 ve 1,88 , MLR 0,29 ve 0,24, PLR 123,5 ve 130,1, SII ise 492,1 ve 535,8 idi ($p>0,05$). Diğer hemogram parametreleri ve albümin/ β 2-mikroglobulin oranı açısından gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$). Çalışmamızda hemogramdan elde edilen inflamatuvar parametreler ve biyokimyasal parametrelerin MF’li hastalarda hastalık evresi (Evre I ve II) ile anlamlı ilişki saptanamadı. Bulgularımız, bu belirteçlerin tek başına evreyi öngörmede yeterli olmadığını düşündürmektedir. Ancak bu belirteçler hakkında kesin kanıya varmak için daha geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Mikozis fungoides, T hücreli lenfoma, β 2-mikroglobulin, LDH

RATIO OF SECOND FINGER LENGTH TO FOURTH FINGER LENGTH (2D:4D RATIO) IN PATIENTS WITH HIDRADENITIS SUPPURATIVA

Doç. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK

Selcuk University Faculty of Medicine, Department of Dermatology and Venereal Diseases

dermafatma@yahoo.com.tr

ORCID ID: 0000-0002-9339-8331

Abstract

Hidradenitis suppurativa (HS) is a chronic, recurrent inflammatory disease of the hair follicle that predominantly affects intertriginous areas. It is characterized by abscesses, painful nodules, sinus tract formation, and scarring. The pathogenesis of HS is thought to involve hormonal dysregulation, congenital immune abnormalities, increased inflammatory mediators, and follicular occlusion secondary to systemic inflammation. The ratio of second to fourth finger (2D:4D) length reflects prenatal androgen exposure. The relationship between 2D:4D ratios and disease has been evaluated in various dermatological diseases such as acne vulgaris and androgenetic alopecia. The aim of this study was to investigate the relationship between the 2D:4D digit ratio and disease severity in patients with HS, as well as the association of the 2D:4D ratio with sex and HS-related clinical characteristics.

The study included 38 HS patients (28 men and 10 women) aged 17-57 years who were followed up at our clinic. Patients were classified according to the Hurley staging system. No statistically significant difference was found between the right- and left-hand 2D:4D ratios. Furthermore, no significant associations were observed between the 2D:4D ratio and sex, seborrhea, acne, androgenetic alopecia, pilonidal sinus, dissecting folliculitis, family history, Hurley stage, body mass index (BMI), or disease duration ($p>0.05$). In the subgroup analysis, female patients with seborrhea or androgenetic alopecia had significantly lower 2D:4D ratios than female patients without these clinical findings ($p<0.05$). However, the lower 2D:4D ratios observed in female patients with seborrhea and androgenetic alopecia suggest that prenatal androgen exposure may contribute to the development of specific androgen-related phenotypes in HS. The lack of hormone level measurements and the relatively small sample size are important limitations of this study. Larger prospective studies are needed to confirm these findings and to further elucidate the underlying mechanisms.

Keywords: Hidroadenitis suppurativa, 2D:4D ratio, Androgen, Acne

HIDRADENİTİS SÜPÜRATİVALI HASTALARDA İKİNCİ PARMAK UZUNLUĞUNUN DÖRDÜNCÜ PARMAK UZUNLUĞUNA ORANI (2D:4D ORANI)

Doç. Dr. Fatma TUNÇEZ AKYÜREK

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Deri ve Zührevi Hastalıklar AD

dermafatma@yahoo.com.tr

ORCID NO: 0000-0002-9339-8331

Özet

Hidradenitis süpürativa (HS), kıl folikülünün sık tekrarlayan kronik ve inflamatuvar bir hastalıdır. En sık intertriginöz bölgelerde görülür. Abseler, ağrılı nodüller, sinüs traktları ve skar oluşumuna sebep olan bir tablodur. HS'nin patogeneğinde hormonal düzensizlikler, konjenital immün bozukluklar, inflamatuvar medyatörlerin artışı ve sistemik inflamasyona sekonder folikül tıkanıklıklarının neden olduğu düşünülmektedir. İkinci ve dördüncü parmak uzunluğu (2D:4D) oranı prenatal androjen maruziyetini yansıtmaktadır. Akne vulgaris, androjenetik alopesi gibi çeşitli dermatolojik hastalıklarda 2D:4D oranları ile hastalık ilişkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, HS hastalarında 2D:4D oranı ile hastalık şiddeti arasındaki ilişki, cinsiyet ve HS'ye eşlik eden ek semptomlarla 2D:4D oranının ilişkisi araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmaya kliniğimizde takipli 17-57 yaş aralığında, 28 erkek, 10 bayan olmak üzere 38 HS'li hasta dahil edilmiştir. Hastalar, HURLEY evrelemesine göre gruplara ayrıldı. Sağ ve sol el 2D:4D oranları arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunamadı. Ayrıca cinsiyet, sebore, akne, androjenetik alopesi, pilonoidal sinüs, disekan folikülit, aile öyküsü, HURLEY evresi, vücut kitle indeksi (VKİ), hastalık süresi ile parmak uzunlukları arasındaki oran bakımından anlamlı ilişki tesbit edilmedi ($p>0,05$). Alt grup analizinde ise kadın hastalarda sebore ve androjenetik alopesi varlığında 2D:4D oranının, bu bulguları olmayan kadınlara göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptandı ($p<0,05$). Bununla birlikte, kadın hastalarda sebore ve androjenetik alopesi varlığında daha düşük 2D:4D oranlarının saptanması, prenatal androjen maruziyetinin belirli androjen ilişkili fenotiplerin gelişiminde rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda hormon düzeylerinin ölçülmemiş olması ve hasta sayısının az olması kısıtlılık olarak değerlendirilebilir. Bu bulguların doğrulanması ve altta yatan mekanizmaların aydınlatılması için daha geniş örneklemli, prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Hidradenitis süpürativa, 2D:4D oranı, Androjen, Akne

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NUTRITION AND INFERTILITY**Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ¹, Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU²****¹Karadeniz Technical University, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology****bakiyeakbas@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2480-1374****²Karadeniz Technical University, Pharmacy Faculty, Department of Biochemistry, rezzan@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2913-2528****Abstract**

Infertility is defined as the inability of couples of reproductive age to conceive after one year of regular sexual intercourse, or the inability to maintain an existing pregnancy. Infertility is more common in developing countries worldwide and can lead to depression, anxiety, social isolation, sexual dysfunction, and a decreased quality of life. Assisted reproductive technology can be used in infertility treatment. Furthermore, scientific advancements and research show that the infertility rate can be reduced with the use of assisted reproductive technology. Lifestyle modifications are also effective. Assisted reproductive technology and lifestyle modifications represent an important holistic approach in infertility treatment. Environmental factors such as nutrition affect fertility. This is of great importance from a clinical and public health perspective. However, although there are studies that nutrition may be associated with reproductive performance in both men and women, there is still no official guide for couples of reproductive age. A healthy diet can positively support fertility by maintaining hormonal balance and improving egg and sperm quality. A diet rich in antioxidants and healthy fats, such as a Mediterranean diet, can improve reproductive performance in both men and women and increase the chances of success of infertility treatments. A diet containing fresh fruits and vegetables, healthy fats, whole grains, and adequate protein can support reproductive health. In particular, limiting saturated fatty acids, trans fatty acids and sugary drinks can positively contribute to fertility. In this review, it is aimed to investigate the relationship between nutrition and infertility and present it to the reader from a broad perspective.

Keywords: Nutrition, infertility, fertility

BESLENME VE İNFERTİLİTE ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ¹, Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU²****¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı,
bakiyeakbas@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2480-1374****²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, rezzan@ktu.edu.tr,
ORCID ID: 0000-0003-2913-2528****Özet**

İnfertilite, üreme çağındaki çiftlerin bir yıl boyunca düzenli cinsel ilişkiye rağmen gebeliğin oluşmaması veya mevcut gebeliğin sürdürülememesi durumudur. İnfertilite dünya çapında gelişmekte olan ülkelerde fazla görülmekle beraber depresyon, anksiyete, sosyal izolasyon, cinsel disfonksiyon ve yaşam kalitesinde azalmaya neden olmaktadır. İnfertilite tedavisinde yardımcı üreme teknolojilerine başvurulabilmektedir. Bunun yanında bilimsel gelişmeler, yapılan çalışmalar, yardımcı üreme teknoloji ile infertilite oranı azaltılabilmektedir. Bunun yanında değiştirilebilir yaşam tarzı da etkili olmaktadır. İnfertilite tedavisinde yardımcı üreme teknolojisi ve değiştirilebilir yaşam tarzı önemli bir bütüncül yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Beslenme gibi çevresel faktörler doğurganlığı etkilemektedir. Bu durum klinik ve halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak beslenmenin hem erkeklerde hem de kadınlarda üreme performansı ile ilişkili olabileceği konusunda çalışmalar bulunmakla birlikte ancak üreme çağındaki çiftler için hala resmi bir kılavuz bulunmamaktadır. Sağlıklı bir beslenme düzeni, hormonal dengeyi koruyarak, yumurta ve sperm kalitesini artırarak doğurganlığı olumlu yönde destekleyebilir. Akdeniz tipi diyet gibi antioksidan ve sağlıklı yağlardan zengin beslenmek, hem kadın hem de erkekte üreme performansını artırabilir ve infertilite tedavilerinin başarı şansını yükseltebilir. Taze meyve ve sebzeler, sağlıklı yağlar, tam tahıllar ve yeterli miktarda protein içeren bir diyet üreme sağlığını destekleyebilir. Özellikle doymuş yağ asitleri, trans yağ asitlerinin ve şekerli içeceklerin sınırlandırılması fertilitateye olumlu katkı yapabilir. Bu derlemede, beslenme ve infertilite arasındaki ilişkinin araştırılması ve geniş bir perspektifle okuyucuya sunulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beslenme, infertilite, doğurganlık

Infertility

The World Health Organization defines infertility as the failure of fertilization to occur despite regular sexual intercourse between couples for at least one year or more (Duymaz Diler, 2020; WHO, 2023).

Infertility can be etiologically classified as follows: 23% male-related factors, 18% ovulatory dysfunction, 14% tubal factors, 9% endometriosis, 5% coital problems, 3% cervical factors, and 28% unexplained factors (Avcı, 2018).

Factors that can affect the likelihood of spontaneous pregnancy include: the desire not to conceive at an unwanted time, the age of the female partner and infertility due to disease, a decrease in semen volume observed over time, endocrine-disrupting chemicals, and consanguinity (Vander Borgh and Wyns, 2018).

Male-related causes of infertility can be listed as follows: structural/hormonal disorders such as varicocele, cryptorchidism, hypospadias, low testosterone levels, orchitis, changes in sperm structure, decreased sperm count, decreased libido, and erectile dysfunction.

Female-related causes of infertility can be listed as follows: congenital developmental factors, ovarian problems such as anovulation, polycystic ovary syndrome, and luteal phase insufficiency, factors related to the uterus and cervix, tubal and peritoneal factors, and factors related to the vulva and vagina (Gore et al., 2015; Ozdemir and Kaplan, 2021; Segal and Giudice, 2019).

Lifestyle Factors in Infertility Treatment

Identifying modifiable lifestyle factors, such as nutrition, that affect human fertility is important for human health. Numerous studies are being conducted on the potential relationship between nutrition and reproductive performance in both men and women. However, there are still no official guidelines for couples of reproductive age. If couples are unable to conceive naturally, it is recommended that they avoid tobacco use, limit alcohol consumption, and aim for a body mass index below 30 kg/m² to increase their chances of using assisted reproductive technology (Lindsay and Vitrikas, 2015).

Body Weight

Obesity impairs the response to fertility treatments. Therefore, obese individuals are advised to control their weight before pregnancy or infertility treatments (Lindsay and Vitrikas, 2015). The National Center for Health Statistics (NCHS-2020) emphasized that the prevalence of morbid obesity is higher in women than in men. The harmful effects of obesity on reproduction are becoming increasingly better understood. The live birth rate in obese women was found to be statistically significantly lower compared to women of normal weight. A decrease in live birth rate was observed in women with a higher BMI (BMI $\geq$ 40 kg/m²) who conceived via IVF/intracytoplasmic sperm injection (ICSI) (Aydogan Mathyk and Quaa, 2021).

It has been reported that women with a BMI <18.5 kg/m² experience infertility problems. It has also been reported that women with low birth weight (BMI <19 kg/m²) take four times longer to conceive compared to women with ideal birth weight (Fontana and Della Torre, 2016). Chronic energy deficiency in low-weight women can affect gonadotropin-releasing hormone (GnRH) production and inhibit the hypothalamic-pituitary-gonadal axis. Inhibition of GnRH secretion leads to decreased gonadotropin secretion, delay in follicular development and inhibition of gonadal steroid synthesis.

Nutrition

Studies have shown that high consumption of whole grains, monounsaturated or polyunsaturated fats, vegetables, fruits, red meat and fish; stated that taking antioxidants, folic acid, vitamin B12, vitamin D, soy and isoflavones can increase fertility in women and men (Mirabi et al., 2017; Salas-Huetos et al., 2017; Wise et al., 2017). A

prospective cohort study found that women following a fertility diet (rich in plant-based protein, full-fat dairy products, non-heme iron, monounsaturated fats, trans fats, and animal protein) had a lower risk of infertility due to ovulation disorders. Unhealthy eating habits negatively impact fertility. Increased intake of omega-3 fatty acids, found in nuts and fish in the Mediterranean diet, positively affects spermatogenesis. Supplementing the Mediterranean diet with walnuts, hazelnuts, and almonds has been shown to improve key sperm parameters and potentially reduce sperm DNA fragmentation in healthy men of reproductive age (Salas-Huetos et al., 2018). The effect of a vegetarian diet on infertility and its role in preserving sperm quality has not yet been fully clarified. Vegetables and fruits are rich in antioxidant molecules that reduce sperm DNA damage and increase sperm motility and vitality. It is emphasized that a vegetarian diet reduces sperm concentration and motility. In a study, the effect of a vegetarian diet on fertility was examined. Total sperm count, total sperm motility, sperm morphology, and sperm concentration were not found to be statistically significant between vegetarian and omnivorous individuals. Vegetarian women were found to have lower plasma estrogen levels compared to omnivorous women (Samimisedeh et al., 2023).

One study suggested that following a Mediterranean diet may improve oocyte and embryo quality and implantation success. Another study investigated the effect of adherence to a Mediterranean diet on serum and follicular fluid fatty acid levels and implantation success prior to assisted reproductive treatment. Compared to baseline, serum levels of oleic acid (OA), linoleic acid (LA), eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), and the LA/arachidonic acid (ALA) ratio were found to be lower after intervention. OA, EPA, DHA levels in the intervention group were found to be lower than in the control group. While alpha linolenic (ALA) acid level in the follicular fluid was found to be higher in the intervention group compared to the control group, ALA, DHA, EPA+DHA level, omega-6/omega-3 fatty acid ratio, total omega-6 fatty acids, and LA/ALA ratio were found to be low.

It is suggested that a 1-unit change in the dietary LA/ALA ratio causes a 0.1-unit change in the follicular fluid LA/ALA ratio. The rate and number of clinical pregnancies and live births increased in the intervention group compared to the control group. As a result, it has been stated that individual planning of the Mediterranean diet will help the treatment process (Cemali, 2023).

Minerals

Low serum levels of some micronutrients in infertile individuals have brought to mind the importance of these nutrients in pathogenesis and treatment (Akder and Ayhan, 2021). Many trace elements such as calcium (Ca), copper (Cu), manganese (Mn), magnesium (Mg), zinc (Zn) and selenium (Se), which are necessary to be present in male semen, are important in reproductive health. It has been reported that Ca deficiency is associated with sperm dysfunction and causes infertility. Sodium (Na) and potassium (K) are crucial elements for normal sperm function, and some studies indicate a significant correlation between seminal Na and K levels and semen quality. Other studies suggest that decreased K levels may be associated with abnormal testosterone content, potentially leading to impaired spermatogenesis and fertility problems. Na deficiency has been reported to be associated with abnormal progesterone levels. Mg plays an important role in sperm motility and male fertility, and decreased seminal Mg levels can be associated with infertility (Mirnamniha et al., 2019).

There is evidence that lifestyle changes through nutritional therapy and vitamin/mineral supplementation increase the effectiveness of treatment for couples diagnosed with infertility. Studies have shown that foods rich in antioxidants, certain vitamins and minerals, and multivitamin supplementation in case of deficiencies, may lead to a higher response to treatment. Couples need to be informed about sustainable lifestyle changes such as dietary modifications, physical activity, tobacco use, alcohol use, and stress. At the same time, the presence of unclear aspects in existing studies indicates that more clinical research is needed on this topic.

References

- Akder RN, Ayhan NY. (2021). İnfertilite ve Mikro Besin Ögeleri. Aydın Sağlık Dergisi, 7(1), 1-13.
- Avcı A. (2018). Açıklanamayan infertilite olgularında IVF ve ICSI sonuçlarının karşılaştırılması. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Aydoğan Mathyk B, Quaas AM. (2021). Obesity and IVF: weighing in on the evidence. Journal of Assisted Reproduction and Genetics, 38(2), 343-345.
- Cemali O. (2023). İnfertilite tedavisine başvuran kadınlarda akdeniz diyetine uyumlu beslenme müdahalesinin kan ve foliküler sıvı örneklerinde yağ asidi parametrelerine ve implantasyon başarısı üzerine etkisi. Yayımlanmış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Duymaz Diler F. (2020). Infertilite ile karşılanabilen algılanan sosyal, dayanabilir ve baş edebilecek desteğin doyumuna dayanamaz. Yayımlanmış Uzmanlık Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Gore AC, Chappell VA, Fenton SE, Flaws JA, Nadal A, Prins GS, Toppari J, Zoeller RT. (2015). EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. Endocrine reviews, 36(6), E1-E150.
- Lindsay TJ, Vitrikas K. (2015). Evaluation and treatment of infertility. American family physician, 91(5), 308-314.
- Mirabi P, Chaichi MJ, Esmaeilzadeh S, et al. (2017). The role of fatty acids on ICSI outcomes: a prospective cohort study. Lipids in Health and Disease, 16(1), 18.
- Mirnamniha M, Faroughi F, Tahmasbpour E, Ebrahimi P, Beigi Harchegani A. (2019). An overview on role of some trace elements in human reproductive health, sperm function and fertilization process. Reviews on environmental health, 34(4), 339-348.
- Özdemir E, Kaplan S. (2021). İnfertilite ve Hemşirelik Yaklaşımı. Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 4 (1) , 79-89.
- Salas-Huetos A, Bullo M, Salas-Salvado J. (2017). Dietary patterns, foods and nutrients in male fertility parameters and fecundability: a systematic review of observational studies. Human reproduction update, 23(4), 371-389.
- Samimisedeh P, Afshar EJ, Ejtahed HS, Qorbani M. (2023). The impact of vegetarian diet on sperm quality, sex hormones levels and fertility: A systematic review and meta-analysis. Journal of Human Nutrition and Dietetics. 37(1), 57-78.
- Segal TR, Giudice LC. (2019). Before the beginning: environmental exposures and reproductive and obstetrical outcomes. Fertility and sterility, 112(4), 613-621.
- Vander Borgh M, Wyns C. (2018). Fertility and infertility: Definition and epidemiology. Clinical Biochemistry, 62, 2-10.
- Wise LA, Wesselink AK, Tucker KL. et al. (2017) Dietary fat intake and fecundability in two preconception cohort studies. American Journal of Epidemiology, 187(1), 60-74.
- World Health Organization, Sexual and Reproductive Health and Research. (2023). Infertility prevalence estimates, 1990-2021. Access address: <https://www.who.int/home/search-results?indexCatalogue=genericsearchindex1&searchQuery=male%20infertility&wordsMode=AnyWord>

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LEPTIN AND BREAST CANCER**Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ¹, Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU²****¹Karadeniz Technical University, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology****bakiyeakbas@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2480-1374****²Karadeniz Technical University, Pharmacy Faculty, Department of Biochemistry, rezzan@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2913-2528****Abstract**

The mammary gland is an apocrine gland with the specific function of producing milk. The shape, size, and condition of the breasts constantly change throughout a woman's life. These changes are influenced by various physiological factors such as race, age, childbirth, menstruation, pregnancy, breastfeeding, and menopause. Breast cancer is the most common type of cancer in women and is known as the leading cause of cancer deaths in societies. Major risk factors for breast cancer include family history, genetic predisposition, carrying BRCA1 and BRCA2 genes, and other previous benign breast diseases. The incidence of breast cancer increases especially in the presence of hereditary syndromes such as hereditary breast-ovarian cancer syndrome, region-specific hereditary breast cancer, Li-Fraumeni syndrome, Cowden Syndrome, Muir Syndrome. There are many studies investigating the relationship between adipocytokines and cancer. It has been stated that obesity increases the risk of some types of cancer such as colon, breast and prostate cancer. Leptin promotes the growth and spread of cancer cells in vitro and increases the effect of angiogenesis. However, information on the effects of other members of the adipocytokine family on cancer is limited. Adipocytokines are thought to play a role in the development of various diseases. Furthermore, research on adipocytokines in cancer patients has shown that these hormones may be involved in cancer development. A literature review reveals that many in vivo and in vitro studies have been conducted on this topic in recent years. This review aims to investigate the relationship between breast cancer and leptin and present a broad perspective to the reader.

Keywords: Leptin, breast cancer, women

LEPTİN VE MEME KANSERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**Dr. Öğretim Üyesi Bakiye AKBAŞ¹, Prof. Dr. Rezzan ALİYAZICIOĞLU²****¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı,
bakiyeakbas@ktu.edu.tr,****ORCID ID: 0000-0003-2480-1374****²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, rezzan@ktu.edu.tr,
ORCID ID: 0000-0003-2913-2528****Özet**

Meme bezi, süt üretimi gibi özel bir görevi olan apokrin bezdir. Memenin şekil, büyüklük ve durumu kadının hayatı boyunca sürekli bir değişim gösterir. Bu değişimler ırk, yaş faktörü, doğum, menstruasyon, gebelik, emzirme ve menapoz gibi çeşitli fizyolojik faktörlerden etkilenmektedir. Meme kanseri, kadınlarda görülen en yaygın kanser türü olup toplumlarda kanser ölümlerinin en sık nedeni olarak bilinir. Meme kanserlerinde majör risk faktörleri olarak aile hikâyesi, genetik olarak yatkınlık, BRCA1 ve BRCA2 genlerini taşıması, önceden geçirilen diğer benign meme hastalıkları sayılabilir. Özellikle herediter meme-over kanseri sendromu, bölgeye spesifik herediter meme kanseri, Li-Fraumeri sendromu, Cowden Sendromu, Muir Sendromu gibi herediter sendromlar varlığında meme kanserinde görülme sıklığı artar. Adipositokinler ile kanser arasında ilişkinin araştırılmasında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Obezitenin kolon, meme ve prostat kanseri gibi bazı kanser türlerinde riski artırdığı belirtilmiştir. Leptin, kanser hücrelerinin *in vitro* olarak büyümesini ve yayılmasını teşvik edici olup anjiyogenezin etkisini artırmaktadır. Ancak adipositokin ailesinin diğer üyelerinin kanser üzerindeki etkisi hakkında bilgiler kısıtlıdır. Çeşitli hastalıkların oluşumunda adipositokinlerin etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kanserli hastalardaki adipositokin hakkındaki araştırmalar, bu hormonların kanser oluşumunda etkili olabileceğini göstermiştir. Literatür araştırması yapıldığında konuyla ilgili olarak son yıllarda *in vivo* ve *in vitro* birçok çalışma yapılmıştır. Bu derlemede, meme kanseri ile leptin arasındaki ilişkinin araştırılması ve geniş bir perspektifle okuyucuya sunulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Leptin, meme kanseri, kadın

Breast

Breast cancer is more common in women than in men. Breast lesions in women are usually palpable, sometimes painful, and present as nodules or masses. Monitoring fibrocystic changes is particularly important because they are the most common cause of breast masses, and the association of some types with breast cancer is currently a subject of debate (Ellis and Cox, 1984). The mammary gland is an apocrine sweat gland (MacNoughton et al., 1992; Hammond et al., 1994). Normal adult female breast tissue consists of two main components: epithelial and stromal elements. Lobules that merge with branching duct structures form the epithelial component. Varying proportions of adipose and fibrous connective tissue make up the stromal component. Under the influence of age and hormones, breast tissue has a distinct internal dynamic (Hammond et al., 1994).

At birth and during childhood, the breast has rudimentary ducts. At puberty, pituitary FSH and LH stimulate estrogen secretion from the ovaries, causing the breasts to both grow and mature. In early adolescence, ovarian estrogen synthesis far exceeds progesterone synthesis. Estrogen affects the developing breast by stimulating longitudinal ductal growth and the formation of terminal ductal buds. Periductal connective tissue and fat deposition also increase (MacNoughton et al., 1992).

Cancer

Cells are very small units and can only be seen under a microscope. Normal body cells grow, divide, and die in a systematic order. From the first years of life until adulthood, normal cells divide more rapidly. After reaching adulthood, in many tissues, cells continue to divide only to replace dying cells and repair injuries. Under normal circumstances, if new cells are not needed, certain mechanisms within each cell tell the cell to stop dividing. Cancer cells, however, continue to grow and divide, spreading to other parts of the body. Cancer cells accumulate to form tumors (masses). Tumors can compress, infiltrate, or destroy normal tissues. If cancer cells detach from the tumor where they originated and travel to other parts of the body via the blood or lymphatic system, they form tumor colonies and continue to grow. This spread of cancer to other parts of the body is called "metastasis."

Leptin and Breast Cancer

There is a strong relationship between breast cancer and adiposity. The effect of obesity on pre- and post-menopausal women is very important (Asseryanis et al., 2004). While the risk of breast cancer is inversely proportional to the increase in body weight in pre-menopausal women, obesity has been shown to be a serious risk factor for the development of breast cancer in post-menopausal women. In obese postmenopausal women, adipose tissue is the only site of estrogen production. Aromatase activity and androstenedione production increases in obesity. Therefore, the total estrogen pool is larger in obese women. The estrone hormone estradiol, a derivative of adipose tissue, is ready for conversion. Fat/tissue distribution, rather than obesity itself, carries the risk of breast cancer development. Obese women with a high waist-to-hip ratio have higher concentrations of free estradiol than those with a lower waist-to-hip ratio. Leptin secretion occurs in normal breast tissue, cancerous breast tissue and breast cancer cells (O'brien et al., 1999). The effect of leptin on breast carcinogens has been explained by different mechanisms. Leptin acts on breast carcinogens, probably through stimulation of aromatase activity (Magoffin et al., 1999), intercellular proteolytic cracks that promote cancerous cell spread (Castellucci et al., 2000) and angiogenic activity (Sierra-Honigmann et al., 1998). Antiestrogenic and aromatase inhibitor therapy are known current methods of breast cancer treatment. Two antiestrogen drugs, tamoxifen and toremifene, are available on the market. These drugs increase serum leptin levels in postmenopausal breast cancer patients (Ozet et al., 2001).

Leptin receptors have been found in breast cancer cells. Leptin is thought to trigger breast cancer through various mechanisms such as mitogenesis, survival, transformation, migration, and spread. Ob-R is frequently expressed in breast cancer cells. Overexpression of Ob-R has been associated with larger tumors and/or distant metastasis

(Surmacz, 2013). Leptin plays a role in breast cancer risk by increasing estrogen synthesis or decreasing follicular estradiol synthesis. Leptin acts together with estrogen receptor- α (ER- α) by increasing cell survival and proliferation. Expression of the leptin receptor may be associated with the presence of ER- α in human breast cancer cell lines. It has been reported that leptin receptor expression positively correlates with ER- α expression in primary breast carcinoma. This shows the positive relationship between estrogen and leptin systems in the development of human breast cancer (Jarde et al., 2009; Khan et al., 2013).

In breast cancer, leptin affects the JAK/STAT and MAPK pathways. It has also been reported to increase the transcriptional expression of cardiovascular endothelial growth factor receptor-2 (VEGFR-2) and VEGF (Gonzalez-Perez et al., 2013). In mildly overweight and obese adults, circulating adiponectin levels are reported to be lower, while leptin levels are higher, compared to lean individuals. Low adiponectin and increased leptin levels have been found to be associated with an increase in breast cancer. Studies have shown that an increase in the ratio of adiponectin to leptin reduces the proliferation of breast cancer cells, while an increase in the ratio of leptin to adiponectin does not have this effect. Therefore, it is thought that the ratio between leptin and adiponectin, rather than the effect of a single adipokine, is more important in regulating breast cancer development (Ray, 2012).

It has been reported that leptin receptors are expressed in breast cancer cells and that leptin stimulates cell proliferation in the T47-D human breast cancer cell line through activation of the MAPK pathway (Laud et al., 2002). Another study found that leptin plays a significant role in increasing in situ estradiol production in MCF-7 cells and in stimulating aromatase activity, thereby influencing the progression of estrogen-dependent breast cancer. Furthermore, it has been determined that leptin stimulates estrogen receptors via the MAPK pathway during this process (Catalano et al., 2004). It has also been emphasized that while there was no Leptin Receptor (Ob-R) expression in normal mammalian epithelial cells, there was significant Ob-R expression in 83% of ductal carcinoma cells. Leptin is expressed in both normal epithelial cells and carcinoma cells. However, leptin overexpression has only been detected in carcinoma cells. Furthermore, leptin and Ob-R expression have been reported to be associated with distant metastasis (Ishikawa et al., 2004). The relationship between leptin and breast cancer was evaluated in one study. In obese breast cancer patients (BMI = 33.3 ± 3.3 kg/m²), leptin levels were found to be three times higher compared to healthy obese individuals (BMI = 33.3 ± 3.1 kg/m²) (Del Socorro Romero-Figueroa et al., 2013). Leptin and the TNF α receptor p80 (TNF-R2) showed a positive association with breast cancer. In one study, individuals in the highest quartile of risk for developing breast cancer were compared to those in the lowest quartile. It was emphasized that this ratio was 2.44 times higher for TNF-R2 and 1.98 times higher for leptin. A relationship has been found between an increase in the level of adiponectin and a decrease in the risk of developing breast cancer (Gross et al., 2013). A significant decrease was detected in the patients' BMI, body fat percentage, leptin, CRP and TNF- α levels with healthy nutrition and exercise in patients receiving breast cancer treatment. However, it has also been emphasized that there is an increase in quality of life and a better long-term prognosis (Befort et al., 2011; Sedlacek et al., 2011; Swisher et al., 2015). A meta-analysis evaluating the relationship between breast cancer and leptin levels indicated that leptin plays a role in the formation, development, and prognosis of breast cancer. The following ranking of elevated leptin levels was determined in individuals across four different populations: healthy control group < patients with benign breast disease < patients with breast cancer < patients with breast cancer with positive lymph node metastasis (Niu et al., 2013). Numerous studies investigating serum leptin levels in women with breast cancer can be found in the literature. One study compared premenopausal patients with carcinoma in situ with healthy control groups and found no significant difference (Mantzoros, 1999).

Understanding the link between obesity and cancer is guiding scientists towards therapeutic goals. It should not be forgotten that promoting healthy eating and physical activity habits is crucial in preventing obesity-related

morbidity and mortality. Consequently, the development of agents that modulate leptin signaling as anticancer therapies can be expected.

References

- Asseryanis E, Ruecklinger E, Hellen M, et al. Breast cancer size in postmenopausal women is correlated with body mass index and androgen serum levels, *GynecolEndocrinol* 2004, 18: 29-36.
- Befort CA, Klemp JR, Austin HL, Perri MG, Schmitz KH, Sullivan DK, Fabian CJ. Outcomes of a weight loss intervention among rural breast cancer survivors. *Breast Cancer Research and Treatment*, 2011, 132(2): 631-639.
- Castellucci M, DE Matteis R, Meisser A, et al. Leptin modulates extracellular matrix molecules and metalloproteinases: possible implications for trophoblast invasion, *Mol Hum Reprod* 2000, 6: 951-958.
- Catalano S, Mauro L, Marsico S, Giordano C, Rizza P, Rago V, Andó S. Leptin Induces, via ERK1/ERK2 Signal, Functional Activation of Estrogen Receptor α in MCF-7 Cells. *Journal of Biological Chemistry*. 2004, 279(19): 19908-19915.
- Del Socorro Romero-Figueroa, M, Garduño-García J. d. J., Duarte-Mote J, Matute-González G, Gómez-Villanueva A, De la Cruz-Vargas J. Insulin and Leptin Levels in Obese Patients With and Without Breast Cancer. *Clinical Breast Cancer*, 2013, 13(6): 482-485.
- Ellis H, Cox P. J. Breast problems in 1,000 consecutive referrals to surgical out - patients. Postgrad from regularly cycling women, *Ginekolo Pol* 1999, 70: 1-7.
- Gonzalez-Perez R, Lanier V, Newman G. Leptin's ProAngiogenic Signature in Breast Cancer. *Cancers*, (2013), 5(3): 1140-1162.
- Gross AL, Newschaffer CJ, Hoffman-Bolton J, Rifai N, Visvanathan K. Adipocytokines, Inflammation, and Breast Cancer Risk in Postmenopausal Women: A Prospective Study. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2013, 22(7): 1319-1324.
- Hammond CB, Scott JR, Diosio PJ, et al.: *Danforth Obstetrics and Gynecology*, 7th ed. Philadelphia, J.B. Lippincott Co. 1994, 771-789.
- Ishikawa M, Kitayama J, Nagawa H. Enhanced expression of leptin and leptin receptor (OB-R) in human breast cancer. *Clin Cancer Res*, 2004,10(13): 4325-4331.
- Jarde T, Caldefie-Chezet F, Goncalves-Mendes N, Mishellany F, Buechler C, Penault-Llorca F, Vasson MP. Involvement of adiponectin and leptin in breast cancer: clinical and in vitro studies. *Endocr Relat Cancer*. 2009, 16(4): 1197-1210.
- Khan S, Shukla S, Sinha S, Meeran SM. Role of adipokines and cytokines in obesity-associated breast cancer: Therapeutic targets. *Cytokine & Growth Factor Reviews*. 2013, 24(6): 503-513.
- Laud K, Gourdou I, Pessemesse L, et al. Identification of leptin receptors in human breast cancer: functional activity in the T47-D breast cancer cell line, *Mol Cell Endocrinol*, 2002, 188: 219-226.
- MacNoughton J, Bonoh M., McCloud P, et al: Age related changes in follicle stimulating hormone, Luteinizing hormone, oestradiol and immunoreactive inhibin in women of reproductive age, *Clin Endocrinol*, 1992, 336-339.
- Niu J, Jiang L, Guo W, Shao L, Liu Y, Wang L. The Association between Leptin Level and Breast Cancer: A Meta-Analysis. *Plos One*, 2013, 8(6): e67349.
- O'brien SN, Welter BH, Price TM. Presence of leptin in breast cell lines and breast tumors. *Biochem Biophys Res Commun*, 1999, 259: 695-698.

Ozet A, Arpacı F, Yılmaz MI, et al: Effects of tamoxifen on the serum leptin level in patients with breast cancer, Jpn J Clin Oncol, 2001, 31: 424-427.

Ray A. Adipokine leptin in obesity-related pathology of breast cancer. Journal of Biosciences, 2012, 37(2): 289-294.

Sedlacek SM, Playdon MC, Wolfe P, McGinley JN, Wisthoff MR, Daeninck EA, Thompson HJ. Effect of a low fat versus a low carbohydrate weight loss dietary intervention on biomarkers of long term survival in breast cancer patients ('CHOICE'): study protocol. BMC Cancer, 2011, 11(1).

Sierra-Honigmann MR, Nath AK, Murakami C, et al. Biological action of leptin as an angiogenic factor, Science Surmacz E. Leptin and Adiponectin: Emerging Therapeutic Targets in Breast Cancer. Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia. 2013, 18(3-4): 321-332.

Swisher AK, Abraham J, Bonner D, Gilleland D, Hobbs G, Kurian S, Vona-Davis L.. Exercise and dietary advice intervention for survivors of triple-negative breast cancer: effects on body fat, physical function, quality of life, and adipokine profile. Supportive Care in Cancer, 2015, 23(10): 2995-3003.

NAR ATIKLARININ ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ VE GIDA KATKI MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Zişan DOĞAN¹ / Beril Beyza PEKSAK² / Öğr. Gör. Dr. Hakan APAYDIN³

1-Hitit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Çorum Türkiye ,

zisandogan71@gmail.com,

ORCID 0009-0003-4898-8951

2-Hitit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Çorum Türkiye ,

bebep0606@gmail.com,

ORCID 0009-0002-6354-5721

3-Hitit Üniversitesi Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi Çorum Türkiye,

hakanapaydin@hitit.edu.tr , ORCID 0000-0001-8507-621

Özet

Sentetik gıda katkı maddelerine yönelik artan tüketici kaygıları, doğal ve sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesine yönelik araştırmaları hızlandırmıştır. Bu kapsamda, nar (*Punica granatum* L.) işlenmesi sırasında oluşan posa atıkları, doğal gıda katkı maddesi olarak değerlendirilebilecek önemli bir agro-endüstriyel yan ürün niteliği taşımaktadır. Bu çalışmada, üç farklı coğrafi bölgelerden temin edilen nar posalarından elde edilen ekstraktların *staphylococcus aureus* (ATCC 43300) üzerindeki anti-mikrobiyal etkinliği disk difüzyon yöntemi kullanılarak in vitro koşullarda değerlendirilmiştir. Ayrıca, nar posası model gıda sistemi olarak seçilen taneli çabuk çorba formülasyonlarına %5 ve %10 oranlarında ilave edilerek görünüş, tat, aroma, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Disk difüzyon analizleri sonucunda nar posası ekstraktlarının test edilen mikroorganizma üzerinde inhibisyon zonu oluşturmadığı belirlenmiştir. Anti-mikrobiyal etkinliğin gözlenmemesi; narın yetiştirildiği coğrafi bölge, uygulanan ekstraksiyon yöntemi ve depolama koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir. Buna karşın, duyu analizler nar posası ilavesinin özellikle aroma, lezzet ve genel kabul edilebilirlik üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, nar posası ekstraktı incelenen deneysel koşullarda anti-mikrobiyal aktivite göstermemiştir. Bununla birlikte, duyu kalite üzerindeki olumlu etkileri, nar posasının doğal gıda katkı maddesi olarak değerlendirilme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, nar işleme atıklarının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesine yönelik sürdürülebilir yaklaşımları desteklemekte ve döngüsel ekonomi temelli gıda üretimine bilimsel katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: nar atıkları, antimikrobiyal aktivite, doğal katkı maddesi, *staphylococcus aureus*, sürdürülebilir gıda üretimi

ANTIMICROBIAL EFFECTS OF POMEGRANATE BY-PRODUCTS AND THEIR EVALUATION AS FOOD ADDITIVES

Zişan DOĞAN¹ / Beril Beyza PEKSAK²/ Öğr. Gör. Dr. Hakan APAYDIN³

1-Hitit University Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics Çorum Türkiye,

zisandogan71@gmail.com,

ORCID 0009-0003-4898-8951

2- Hitit University Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics Çorum Türkiye,

bebep0606@gmail.com,

ORCID 0009-0002-6354-5721

3-Hitit University Scientific Technical Application and Research Center Çorum Türkiye,

hakanapaydin@hitit.edu.tr , ORCID 0000-0001-8507-621

Abstract

Increasing consumer concern regarding synthetic food additives has accelerated research on natural and sustainable alternatives. In this context, pomegranate (*Punica granatum L.*) pomace, an agro-industrial by-product generated during pomegranate processing, represents a promising material for potential use as a value-added food ingredient. In this study, the antimicrobial activity of extracts obtained from pomegranate pomace collected from three different geographical regions was evaluated against *Staphylococcus aureus* ATCC 43300 under in vitro conditions using the disk diffusion method. In addition, pomegranate pomace was incorporated into instant soup formulations, selected as a model food system, at levels of 5% and 10%, and sensory analyses were conducted in terms of appearance, aroma, taste, flavor, and overall acceptability. The disk diffusion assay showed that the pomegranate pomace extracts did not produce detectable inhibition zones against the tested microorganism. This result may be associated with differences in the geographical origin of the pomegranates, the extraction procedure, the concentration of bioactive compounds, and storage conditions. In contrast, sensory evaluation indicated that the incorporation of pomegranate pomace improved aroma, flavor, and overall acceptability of the soup formulations. In conclusion, pomegranate pomace extracts did not show detectable antimicrobial activity against *S. aureus* under the experimental conditions used in this study. Nevertheless, the positive sensory effects observed in the model food system suggest that pomegranate pomace may have potential as a sustainable, value-added ingredient in food formulations. These findings also support circular economy-oriented approaches for the valorization of pomegranate processing by-products.

Keywords: pomegranate by-products, antimicrobial activity, natural food additive, *Staphylococcus aureus*, sustainable food production

GİRİŞ

Gıda üretiminde ürün güvenliğinin korunması ve kalite özelliklerinin depolama süresince sürdürülebilmesi amacıyla katkı maddelerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, sentetik katkı maddelerine ilişkin tüketici farkındalığının artması ve olası sağlık risklerine yönelik endişeler, doğal kökenli alternatif bileşenlere olan ilgiyi belirgin biçimde artırmıştır. Bu eğilim doğrultusunda, bitkisel kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşiklerin yalnızca koruyucu özellikleri bakımından değil, aynı zamanda fonksiyonel ve sürdürülebilir gıda üretimine sağlayabilecekleri katkılar açısından da yoğun şekilde araştırıldığı görülmektedir (McCann ve ark., 2007).

Bu kapsamda, gıda sanayisinde işleme sonrasında ortaya çıkan yan ürünlerin yeniden değerlendirilmesi, sürdürülebilir üretim anlayışının önemli bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Özellikle meyve işleme süreçlerinde oluşan posa, kabuk ve çekirdek gibi yan ürünler, yüksek miktarda fenolik bileşik ve diyet lifi içermelerine rağmen çoğu zaman ekonomik değeri düşük atıklar olarak uzaklaştırılmaktadır. Oysa bu materyallerin fonksiyonel özelliklerinden yararlanılması hem çevresel yükün azaltılmasına hem de katma değeri yüksek yeni gıda bileşenlerinin geliştirilmesine olanak sağlayabilecek önemli bir yaklaşımdır.

Bu bağlamda, fenolik bileşikler bakımından zengin bir meyve olan nar (*Punica granatum* L.), doğal biyoaktif bileşen kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Narın özellikle işlenmesi sırasında açığa çıkan posa ve kabuk fraksiyonlarının; antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar aktivite ile ilişkilendirilen ellajitanenler, flavonoidler ve antosiyaninler bakımından zengin olduğu bildirilmektedir (Karadeniz ve ark., 2005; Akhtar ve ark., 2015; Alaçık Develioğlu ve ark., 2022). Bu nedenle nar işleme atıkları yalnızca çevresel açıdan yönetilmesi gereken bir yan ürün olarak değil, aynı zamanda doğal katkı maddesi geliştirilmesinde değerlendirilebilecek potansiyel bir hammadde olarak görülmektedir.

Nar kaynaklı yan ürünlerin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, özellikle nar kabuğu ekstraktlarının çeşitli gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini sınırlandırabildiğini ortaya koymaktadır (Al-Zoreky, 2009). Bu etkinin fenolik bileşiklerin hücre zarı geçirgenliğini değiştirmesi, membran proteinlerini etkilemesi ve hücre metabolizmayı baskılaması gibi mekanizmalarla ilişkili olduğu belirtilmektedir (Li ve ark., 2006). Bununla birlikte, biyolojik aktivitenin kullanılan bitki materyalinin özellikleri ile ekstraksiyon ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebildiği de vurgulanmaktadır. Dolayısıyla nar posasının doğal katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin farklı uygulama koşullarında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu araştırmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilen nar posalarının *Staphylococcus aureus* üzerindeki antimikrobiyal etkisi disk difüzyon yöntemiyle incelenmiş, ayrıca nar posasının hazır çorba formülasyonlarına farklı oranlarda ilavesinin duyu kalite üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmanın, nar işleme yan ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşeni olarak değerlendirilmesine ilişkin mevcut bilgi birikimine katkı sağlaması ve sürdürülebilir gıda üretimine yönelik yeni yaklaşımlara bilimsel dayanak oluşturmaya amaçlanmıştır.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Doğal kökenli biyoaktif bileşiklerin gıda sistemlerinde kullanımına yönelik araştırmalar, son yıllarda yalnızca gıda güvenliği açısından değil, aynı zamanda sürdürülebilir üretim politikaları kapsamında da önem kazanmıştır. Bitkisel kaynaklı fenolik bileşikler, flavonoidler, tanenler ve organik asitler; oksidatif bozulmanın geciktirilmesi, mikrobiyal gelişimin sınırlandırılması ve ürün kalitesinin korunmasına yönelik potansiyelleri nedeniyle doğal katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Bu bileşiklerin gıda formülasyonlarına dâhil edilmesi, sentetik katkı maddelerine alternatif çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Akhtar ve ark., 2015).

Nar (*Punica granatum* L.), fenolik bileşik çeşitliliği ve yüksek antioksidan kapasitesi nedeniyle fonksiyonel özellikleri en fazla araştırılan meyvelerden biridir. Özellikle meyvenin endüstriyel işlenmesi sırasında oluşan posa ve kabuk fraksiyonlarının, yenilebilir kısmına kıyasla daha yüksek miktarda ellajitanen, punikalagin, ellajik asit,

gallik asit ve antosiyanin içerdiği bildirilmektedir. Bu durum, nar işleme yan ürünlerinin yalnızca atık materyal olarak değil, biyolojik açıdan değerli bir hammadde olarak değerlendirilmesine yönelik araştırmaların artmasına neden olmuştur (Karadeniz ve ark., 2005; Alaçık Develioğlu ve ark., 2022).

Fenolik bileşiklerin antimikrobiyal etkisi tek bir mekanizmayla açıklanamamaktadır. Hücre zarının geçirgenliğinin bozulması, sitoplazmik içerik kaybının meydana gelmesi, protein yapılarının denatüre olması ve temel metabolik enzimlerin inhibe edilmesi, literatürde en sık tanımlanan etki mekanizmaları arasında yer almaktadır. Bu biyolojik süreçler sonucunda mikroorganizmaların çoğalma yetenekleri azalmakta ve bazı türlerde hücre ölüm meydana gelebilmektedir (Li ve ark., 2006).

Bununla birlikte, nar ekstraktlarının biyolojik etkinliğine ilişkin araştırmalarda tam bir görüş birliği bulunmamaktadır. Farklı araştırmalarda bildirilen sonuçlar arasında önemli değişkenlikler görülmesi; kullanılan nar çeşidi, yetiştirildiği ekolojik koşullar, olgunluk düzeyi, ekstraksiyon tekniği, çözücü sistemi ve ekstraktın muhafaza koşulları gibi birçok değişkenin fenolik bileşik kompozisyonunu doğrudan etkileyebilmesiyle açıklanmaktadır. Dolayısıyla biyolojik aktivitenin değerlendirilmesinde yalnızca ekstraktın varlığı değil, ekstraktın elde edilme süreci de belirleyici bir unsur olarak kabul edilmektedir (Al-Zoreky, 2009; Akarca ve Başpınar, 2019).

Fonksiyonel özellik gösteren doğal bileşenlerin gıda endüstrisinde kullanılabilirliği değerlendirilirken teknolojik uygunluk kadar tüketici kabulü de dikkate alınmalıdır. Bir bileşenin besinsel veya biyolojik açıdan değerli olması, tek başına ticari başarı için yeterli değildir. Ürünün görünüşü, aroması, lezzeti, kıvamı ve genel beğeni düzeyi tüketici tercihlerini doğrudan etkileyen temel kalite parametreleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle duyu analizler, yeni geliştirilen gıda ürünlerinin pazarlanabilirliğinin belirlenmesinde vazgeçilmez değerlendirme yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Onoğur & Elmacı, 2014).

Agro-endüstriyel yan ürünlerin yeniden değerlendirilmesi, günümüzde döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Meyve işleme sanayisinde ortaya çıkan yan ürünlerin fonksiyonel gıda bileşenlerine dönüştürülmesi; atık oluşumunun azaltılması, doğal kaynakların daha etkin kullanılması ve ekonomik değeri yüksek yeni ürünlerin geliştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu yaklaşım, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin desteklenmesinin yanı sıra doğal kaynakların verimli kullanımını teşvik eden yenilikçi üretim modelleriyle de uyum göstermektedir.

Bu kuramsal altyapı doğrultusunda nar posasının hem antimikrobiyal özelliklerinin hem de gıda formülasyonlarında oluşturduğu duyu etkinin birlikte değerlendirilmesi, doğal katkı maddelerinin endüstriyel uygulamalara aktarılabilmesi açısından bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu nedenle araştırmada mikrobiyolojik analizler ile duyu değerlendirmelerin aynı deneysel tasarım içerisinde ele alınması, nar posasının fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanım potansiyelinin çok yönlü biçimde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır.

2. YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan nar posası örnekleri mevsiminde temin edildi, analizlerin gerçekleştirileceği tarihe kadar kurutulup öğütüldükten sonra derin dondurucuda muhafaza edildi. Farklı coğrafi bölgelerde yetiştirilen zirai ürünlerin fenolik bileşik içerikleri ve antimikrobiyal aktivitelerinde değişkenlik görülebileceği göz önünde bulundurularak nar örnekleri Karadeniz Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi olmak üzere üç farklı coğrafi bölgeden tedarik edildi.

Ekstraksiyon

Öğütülerek toz haline getirilen 30 g nar posası örneği, %80'lik 100 mL etanol çözeltisi içerisine alındı. Örnekler, çalkalayıcı inkübatörde 60 °C sıcaklıkta ve 150 rpm hızda 24 saat süreyle sürekli çalkalanarak inkübe edildi. İnkübasyon işleminin ardından ekstraktlar Whatman A4 filtre kâğıdından süzüldü ve çözücünün uzaklaştırılması işlemi vakum evaporatör kullanılarak gerçekleştirildi. Elde edilen nar posası ekstraktları deney aşamasına kadar koyu renkli plastik kaplarda buzdolabında muhafaza edildi, analiz öncesinde kısa süre oda sıcaklığında bekletilerek kullanıma hazır hale getirildi (Uğur ve Arslan, 2004).

Disk Difüzyon Yöntemi

Nar posası ekstraktlarının antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi amacıyla disk difüzyon yöntemi uygulandı. Antimikrobiyal analizlerde *Staphylococcus aureus* (ATCC 43300) standart suşu kullanıldı. Mueller-Hinton agar yüzeyine ilgili mikroorganizma inokülasyonu gerçekleştirildi, ardından ekstre emdirilmiş diskler agar yüzeyine yerleştirildi. Analizler her petri kutusunda üç paralel olacak şekilde yürütüldü, inhibisyon zonlarının birbirini etkilememesi amacıyla diskler arasında 22 mm, petri kenarından ise 14 mm mesafe bırakıldı. Hazırlanan besiyerleri 35 °C'de 18–24 saat süreyle inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda oluşan inhibisyon zonları ölçülerek kayıt altına alındı (Kahlmeter ve ark., 2006).

Hazır Çabuk Çorba Hazırlanması

Çalışmada nar posasının yalnızca antimikrobiyal etkisinin değil, aynı zamanda doğal gıda katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin de değerlendirilmesi amaçlandı. Bu doğrultuda hazır çabuk çorba formülasyonu hazırlandı ve üretim standardizasyonu gerçekleştirildi. Çorba formülasyonunda çabuk instant erişte, ön kavrulmuş buğday unu, prejel mısır nişastası, peynir suyu tozu, yoğurt tozu ve çeşitli baharat bileşenleri kullanıldı. Hazırlanan formülasyonlar tüm örneklerde aynı oranlarda uygulanarak standart üretim koşulları sağlandı.

Hazır Çabuk Çorba Hazırlanması

Çalışma nar posasının antimikrobiyal etkisinin ortaya konmasının yanı sıra posanın bir katkı maddesi olarak değerlendirilmesini de amaçlanmıştır.. Bu amaçla nar posalarının uygulandığı hazırlanan çabuk çorba formülü Tablo 1.'de belirtilmiştir

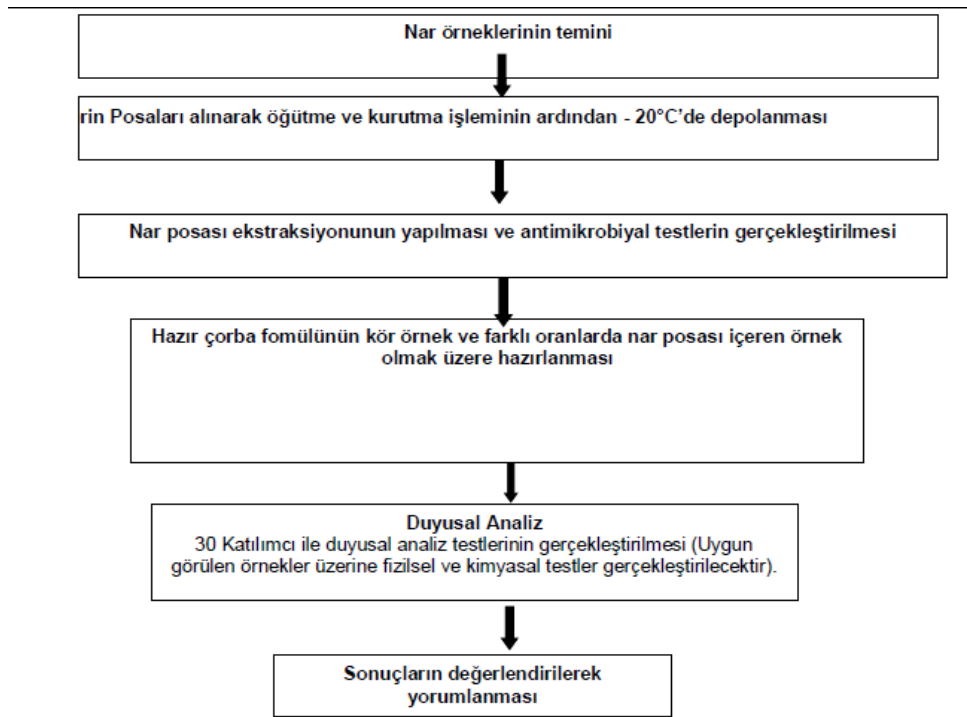
Tablo 1 Hazır çorba baz formülü

Bileşen	Oran (%)
Çabuk instant erişte	34.24
Ön kavrulmuş buğday unu	35.12
Prejel mısır nişastası	8.2
PST	8.84
Maya ekstraktı	0.56
Aroma vericiler	2.49
Baharatlar	9.55
Sıvı yağ	1

Nar Posasının Hazır Çorbalara Uygulanması ve Duyusal Analiz

Toplanan nar posası örnekleri küçük parçalara ayrıldı, 45 °C etüvde bir gün süreyle kurutuldu ve ardından öğütüldü. Elde edilen nar posaları hazır çorba formülasyonlarına ağırlıkça %5 ve %10 oranlarında ilave edildi. Nar posasının ürün üzerindeki duyusal etkilerinin belirlenmesi amacıyla duyusal analiz gerçekleştirildi. Analizlerde görünüş, lezzet, koku ve kıvam parametreleri değerlendirildi; kontrolden farklılık testi yöntemi ile eşlenmiş kıyaslama testi uygulandı (Onoğur ve ark., 2014). Katılımcılardan ilgili parametreleri 1–10 puan aralığında değerlendirmeleri istendi, ayrıca genel beğeni düzeyine ilişkin puanlamalar kayıt altına alındı.

Basamaklar Şekil 1’de gösterildiği gibi ilerlemiştir.



Şekil 1 Çalışma basamakları

3. BULGULAR

Bu proje kapsamında, nar atıklarının doğal bir gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmesi ve antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada farklı coğrafi bölgelerden temin edilen nar posaları kurutulmuş, öğütülmüş ve ekstraksiyon işlemlerinin ardından *Staphylococcus aureus* üzerinde disk difüzyon yöntemi ile antimikrobiyal etkinlik açısından incelenmiştir. Bunun yanı sıra nar posaları belirlenen oranlarda hazır çorba formülasyonlarına eklenmiş ve ürünlerin duyusal özellikleri değerlendirilmiştir.

Proje sonucunda antimikrobiyal analizlerde beklenen düzeyde inhibisyon zonu elde edilememiştir. Ancak gerçekleştirilen duyusal analizlerde nar posası ilave edilen örneklerin katılımcılar tarafından yüksek düzeyde beğeni aldığı ve özellikle lezzet, aroma ve genel kabul edilebilirlik açısından olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Tadım testi formuna göre sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde ürünün panelistler tarafından yüksek düzeyde kabul gördüğü söylenebilir. Toplam 40 katılımcının verileri incelendiğinde özellikle genel kabul, kıvam, tat ve koku parametrelerinde yüksek puanlar dikkat çekmektedir.

Tablo 2. %5 Nar Konsantrasyonu Grubuna Ait Duyusal Tanımlayıcı İstatistikler (n = 20)

Duyusal Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (SS)
Acılık	1	2	1.55	0.51
Renk (Görünüş)	4	5	4.45	0.51
Koku	3	5	4.5	0.61
Tat	4	5	4.55	0.51
Ekşilik	3	4	3.45	0.51
Kıvam (Tekstür)	4	5	4.5	0.51
Genel Kabul	5	5	5	0
Ürün Değerlendirme	4	5	4.4	0.5

Tablo 2 incelendiğinde, %5 nar posası ilave edilen örneğin tüm duyusal parametrelerde yüksek ortalama puanlar aldığı görülmektedir. Özellikle genel kabul, tat, koku ve kıvam parametrelerinde elde edilen yüksek puanlar, bu konsantrasyonun panelistler tarafından olumlu değerlendirildiğini göstermektedir. Buna karşın acılık puanının düşük olması, nar posası ilavesinin üründe istenmeyen acı tat oluşturmadağını düşündürmektedir.

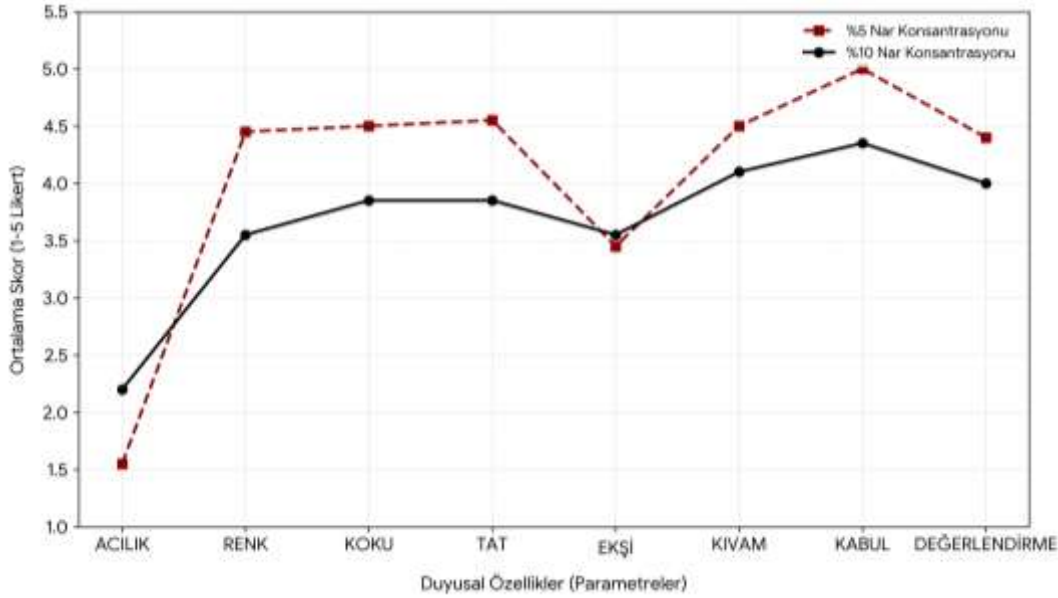
Tablo 3. %10 Nar Konsantrasyonu Grubuna Ait Duyusal Tanımlayıcı İstatistikler (n = 20)

Duyusal Değişkenler	En Düşük	En Yüksek	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (SS)
Acılık	1	5	2.2	1.28
Renk (Görünüş)	1	5	3.55	1.36
Koku	1	5	3.85	1.31
Tat	1	5	3.85	1.31
Ekşilik	2	5	3.55	0.89
Kıvam (Tekstür)	3	5	4.1	0.72
Genel Kabul	3	5	4.35	0.75
Ürün Değerlendirme	3	5	4	0.73

Tablo 3 incelendiğinde, %10 nar posası ilave edilen örneğin de genel olarak olumlu değerlendirildiği görülmektedir. Bununla birlikte, %5 nar posası ilaveli örneğe kıyasla tat, koku, renk ve genel kabul puanlarında azalma, acılık puanında ise artış gözlenmiştir. Bu bulgular, nar posası miktarındaki artışın bazı duyusal özellikleri etkileyebileceğini, ancak ürünün genel kabul edilebilirliğini önemli ölçüde azaltmadığını göstermektedir.

Toplam puan ortalaması yaklaşık 30,9/40 olarak hesaplanmıştır.

Duyusal değerlendirme sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, ürünün panelistler tarafından genel olarak olumlu değerlendirildiği belirlenmiştir. En yüksek ortalama puanın genel kabul parametresinde ($\bar{X}=4,67\pm0,57$) olduğu görülürken, bunu kıvam ($\bar{X}=4,30\pm0,79$), tat ($\bar{X}=4,20\pm0,88$) ve koku ($\bar{X}=4,17\pm0,90$) parametreleri izlemiştir. Görünüş/renk değerlendirmesi ortalama düzeyin üzerinde bulunmuştur ($\bar{X}=4,00\pm0,96$). Ürünün ekşilik düzeyi orta seviyede değerlendirilmiş ($\bar{X}=3,50\pm1,03$), acılık puanı ise düşük bulunmuştur ($\bar{X}=1,87\pm1,02$).



Şekil 2 Duyusal analiz parametrelerinin ortalama puan karşılaştırması

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Antimikrobiyal etkinliğinin gözlenememesi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilebilir. Öncelikle, nar örneklerinin farklı coğrafi bölgelerden temin edilmiş olması, içerdiği fenolik bileşikler, flavonoidler ve organik asit miktarlarında değişkenlik oluşturmuş olabilir. Narın biyolojik aktivitesinin yetiştiği bölgenin iklim özellikleri, toprağın yapısı, sulama koşulları ve hasat zamanına bağlı olarak değişebildiği bildirilmektedir. Bu nedenle kullanılan nar örneklerinin fenolik içerik bakımından yeterli düzeyde aktif bileşen taşımamış olması muhtemel görülmektedir.

Bunun yanında, örneklerin muhafaza ve depolama koşulları da antimikrobiyal aktivite üzerinde etkili olmuş olabilir. Nar posalarının kurutulması, öğütülmesi ve depolanması sırasında sıcaklık, ışık ve oksijen gibi çevresel faktörlere maruz kalması, fenolik bileşiklerde parçalanmaya yol açabilmektedir. Özellikle uzun süreli depolama süreçlerinde antioksidan ve antimikrobiyal özellik gösteren aktif bileşenlerin stabilitesinin azalması, ekstraktların biyolojik etkinliğini düşürmüş olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ekstraksiyon sırasında kullanılan çözücü tipi, sıcaklık ve süre gibi parametrelerin de elde edilen ekstraktın etkinliği üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir.

Bir diğer olası neden ise nar üretiminde kullanılan pestisit ve zirai uygulamalardır. Tarımsal üretimde uygulanan kimyasal işlemler, meyvenin doğal mikrobiyal florasını ve biyolojik aktif bileşen profilini etkileyebilmektedir. Bu durum, nar posasının doğal antimikrobiyal kapasitesinde azalmaya neden olmuş olabilir. Çalışmada pestisit analizleri gerçekleştirilmemiş olmakla birlikte, gelecekte yapılacak araştırmalarda bu parametrenin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Her ne kadar antimikrobiyal analizlerden beklenen sonuç elde edilememiş olsa da duyuşsal analizlerden elde edilen veriler projenin önemli çıktılarından biri olmuştur. Katılımcılar tarafından nar posası içeren çorbaların aroma, tat ve genel nefaset açısından daha yüksek puan aldığı gözlemlenmiştir. Özellikle nar posasının ürüne kattığı hafif ekşimsi ve karakteristik aromanın tüketici beğenisini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu durum, nar atıklarının yalnızca biyolojik aktivite açısından değil aynı zamanda fonksiyonel ve duyuşsal özellikleri bakımından da gıda sanayinde değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Gerçekleştirilen duyuşsal analiz sonucunda ürünün panelistler tarafından genel olarak olumlu değerlendirildiği belirlenmiştir. Özellikle genel kabul, kıvam ve tat parametrelerinde yüksek ortalama puanlar elde edilmiştir.

Acılık düzeyinin düşük bulunması, ürünün tüketilebilirliğini destekleyen önemli bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ürün içerisinde bulunan farklı bileşenin tat ve aroma üzerindeki etkisinin panelistler tarafından olumlu algılandığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen ürünün duyuşal açıdan kabul edilebilir nitelikte olduğunu göstermektedir.

Üründe bulunan farklı bileşenin tat ve aroma üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirme puanlarının yüksek olması, kullanılan bileşenin duyuşal özellikler üzerine olumlu katkı sağladığını düşündürmektedir. Genel olarak elde edilen bulgular, geliştirilen ürünün duyuşal açıdan kabul edilebilir ve tüketilebilir özellikte olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, nar atıklarının sürdürülebilir gıda üretimi kapsamında değerlendirilmesine yönelik önemli ön veriler sunmuştur. Antimikrobiyal etkinlik açısından beklenen sonuçlara ulaşılamamış olsa da, duyuşal analizlerde elde edilen yüksek tüketici kabulü nar posasının doğal aroma ve lezzet artırıcı bir bileşen olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda gelecekte farklı ekstraksiyon yöntemleri, farklı nar çeşitleri ve optimize edilmiş depolama koşulları ile daha kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma “TÜBİTAK 2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI” kapsamında desteklenen “Nar Atıklarının Antimikrobiyal Etkisi ve Gıda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi” projesinden üretilmiştir. Destekleri için TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akarca, G., , Başpınar, E. (2019). Farklı çözücülerde ekstrakte edilen nar kabuğu ve çekirdeğinin antimikrobiyal etkisinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 7(1), 46–53.
- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternal, D., & Sestili, P. (2015). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. *Food Chemistry*, 174, 417–425.
- Alaçık Develioğlu, İ., Keser, M. G., & Unusan, N. (2022). Fonksiyonel bir besin olarak nar. *Selçuk Sağlık Dergisi*, 3(3), 300–323.
- Al-Zoreky, N. S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *International Journal of Food Microbiology*, 134(3), 244–248.
- Kahlmeter, G., Brown, D. F., Goldstein, F. W., MacGowan, A. P., Mouton, J. W., Odenholt, I., Rodloff, A., Soussy, C. J., Steinbakk, M., Soriano, F., & Stetsiouk, O. (2006). European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) technical notes on antimicrobial susceptibility testing. *Clinical Microbiology and Infection*, 12, 501–503.
- Karadeniz, F., Burdurlu, H. S., Koca, N., & Soyer, Y. (2005). Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 297–303.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96(2), 254–260.
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: A randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 370(9598), 1560–1567.
- Onoğur, T. A., & Elmacı, Y. (2014). *Gıdalarda duyuşal değęrlendirme* (2. bs.). Sidas Matbaacılık.
- Uğur, A., & Arslan, T. (2004). An in vitro study on antimicrobial activity of propolis from Muğla province of Turkey. *Journal of Medical Sciences*, 7(1), 90–94.

ÖĞRETMENLERİN PSİKOLOJİK SAĞLAMLIK DÜZEYLERİ İLE İŞ STRESİ DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİDE BİLİŞSEL ESNEKLİĞİN ARACI ROLÜ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mehmet EFE

İstanbul Ticaret Üniversitesi, ali.mhmt.ef91@gmail.com, 0009-0000-8978-1226

Özet

Öğretmenlik mesleği, eğitim-öğretim faaliyetlerinin yanı sıra öğrenciler, veliler ve okul yönetimiyle sürekli etkileşim içinde olmayı gerektiren, yüksek sorumluluk taşıyan mesleklerden biridir. Mesleğin doğasından kaynaklanan bu sorumluluklar, zaman zaman öğretmenlerin iş stresi yaşamalarına neden olabilmektedir. İş stresinin uzun süre devam etmesi, öğretmenlerin psikolojik iyi oluşunu, mesleki motivasyonunu ve iş yaşamındaki verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Buna karşın psikolojik sağlamlık, bireyin karşılaştığı güçlükler karşısında uyum sağlayabilmesini ve olumsuz yaşam olaylarıyla etkili biçimde başa çıkabilmesini sağlayan önemli bir kişisel kaynak olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda üzerinde önemle durulan bilişsel esneklik kavramı ise bireyin değişen koşullara uyum sağlayabilmesi, olaylara farklı bakış açıları geliştirebilmesi ve alternatif çözüm yolları üretebilmesi açısından dikkat çekmektedir. Bu özelliklerin, öğretmenlerin yaşadığı iş stresi üzerinde belirleyici bir role sahip olabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmanın amacı, ilkokul, ortaokul ve lise kademelerinde görev yapan öğretmenlerin psikolojik sağlamlık düzeyleri ile iş stresi arasındaki ilişkide bilişsel esnekliğin aracı rolünü incelemektir. Araştırma nicel araştırma yöntemiyle yürütülmekte olup veri toplama süreci devam etmektedir. Veriler çevrim içi anket yöntemiyle gönüllü katılımcılardan toplanmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak Kısa Psikolojik Sağlamlık Ölçeği, İş Stresi Ölçeği ve Bilişsel Esneklik Ölçeği kullanılmaktadır. Çalışma için gerekli etik kurul izni alınmış olup araştırma etik ilkeler doğrultusunda yürütülmektedir. Araştırmadan elde edilecek bulguların, öğretmenlerin iş stresiyle başa çıkma süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlaması, psikolojik sağlamlık ve bilişsel esneklik arasındaki ilişkinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak sunması ve öğretmenlerin ruh sağlığını desteklemeye yönelik uygulamalara yol göstermesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Öğretmen, psikolojik sağlamlık, iş stresi, bilişsel esneklik, öğretmen ruh sağlığı.

THE MEDIATING ROLE OF COGNITIVE FLEXIBILITY IN THE RELATIONSHIP BETWEEN TEACHERS' PSYCHOLOGICAL RESILIENCE LEVELS AND JOB STRESS LEVELS

Master's Student, Mehmet EFE

Istanbul Commerce University, ali.mhmt.ef91@gmail.com, 0009-0000-8978-1226

Abstract

The teaching profession is one of the highly responsible professions that requires continuous interaction with students, parents, and school administration, in addition to educational activities. These responsibilities, inherent in the nature of the profession, can sometimes cause teachers to experience work stress. Prolonged work stress can negatively affect teachers' psychological well-being, professional motivation, and productivity in their work lives. In contrast, psychological resilience is considered an important personal resource that enables individuals to adapt to difficulties and effectively cope with negative life events. The concept of cognitive flexibility, which has gained significant attention in recent years, is noteworthy for its ability to adapt to changing conditions, develop different perspectives on events, and generate alternative solutions. It is thought that these characteristics may play a decisive role in the work stress experienced by teachers. The aim of this research is to examine the mediating role of cognitive flexibility in the relationship between psychological resilience levels and work stress among primary, secondary, and high school teachers. The research is being conducted using a quantitative research method, and the data collection process is ongoing. Data is being collected from voluntary participants via an online survey method. The Brief Psychological Resilience Scale, the Job Stress Scale, and the Cognitive Flexibility Scale are used as data collection tools in this study. Ethical committee approval has been obtained for the study, and the research is being conducted in accordance with ethical principles. It is expected that the findings of this research will contribute to understanding teachers' coping processes with job stress, allow for a more comprehensive evaluation of the relationship between psychological resilience and cognitive flexibility, and guide practices aimed at supporting teachers' mental health.

Keywords: Teacher, psychological resilience, job stress, cognitive flexibility, teacher mental health.

ENTELEKTÜEL SERMAYENİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖLÇÜLMESİ**Doç.Dr.Yaşar AKÇA1/ Burçin BOZKURT2****1Bartın Üniversitesi, İşletme Bölümü, yakca@bartin.edu.tr, ORCID 0000-0003-1740-3466****2AKTIP Hastanesi, İdareci, burcinbozkurt03@gmail.com, ORCID 0009-0008-8784-5132****Özet**

İş dünyasında işletmelerin sürdürülebilir başarı elde edebilmesi, yalnızca sahip oldukları maddi varlıklara değil aynı zamanda bilgi, deneyim, yetenek ve yenilikçilik gibi soyut unsurlara bağlıdır. Bir başka ifadeyle işletmelerin performansı hem fiziksel kaynaklara hem de bilgiye dayalı görünmeyen varlıklarla ilişkilidir. Özellikle küreselleşme, teknolojik ilerleme ve rekabetteki değişim işletmeleri fiziksel sermayeye dayalı yapılardan uzaklaştırarak insan kaynağının değerini ön plana çıkarmıştır. Bu durum entelektüel sermaye kavramının önemini ortaya koymaktadır. İşletmelerin bilgiye dayalı maddi olmayan varlıklarına entelektüel sermaye denir. Entelektüel sermaye sayesinde işletme, çalışanlarının yeni fikirlerini bilgiye, verimliliğe ve üretime dönüştürerek kolay taklit edilemeyen bir rekabet avantajına sahip olmaktadır. Entelektüel sermaye kendi içinde insan sermayesi, yapısal sermaye ve ilişkisel sermaye olmak üzere üç bileşenden oluşur. Burda insan sermayesi işletmenin bilgi üretme ve problem çözme kapasitesini artırmakta, yapısal sermaye bilginin kurumsallaşmasını sağlamakta, ilişkisel sermaye ise işletmenin dış çevreyle olan ilişkilerini güçlendirmektedir. Dolayısıyla fiziksel varlıklar kolayca taklit edilebilirken, çalışanların bilgi birikimi, örgüt kültürü, yenilik kapasitesi ve müşteri ilişkileri gibi gayrimaddi unsurların kopyalanması mümkün değildir. Sonuç olarak işletme değerinin yalnızca finansal tablolarla değil sahip olduğu entelektüel sermaye ile birlikte dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Entelektüel Sermaye, İnsan Sermayesi, Yapısal Sermaye, Müşteri Sermayesi, İşletme Performansı

THE CLASSIFICATION AND MEASUREMENT OF INTELLECTUAL CAPITAL

Assoc.Dr.Yaşar AKÇA1/ Burçin BOZKURT2

1Bartın University, Management Department, yakca@bartin.edu.tr, ORCID 0000-0003-1740-3466

2AKTIP Hospital, Manager, burcinbozkurt03@gmail.com, ORCID 0009-0008-8784-5132

Abstract

In the business world, the sustainable success of companies depends not only their tangible assets but also on intangible elements such as knowledge, experience, skills and innovation. In other words, the performance of businesses depends on both physical resources and intangible assets based on knowledge. Especially globalization, technological progress and changes in competition have shifted businesses away from a structure based on physical capital, bringing the value of human resources to the forefront. This highlights the importance of the concept of intellectual capital. Intellectual capital refers to the intangible assets based on knowledge that businesses possess. Through intellectual capital, businesses transform the new ideas of their employees into knowledge, productivity and production. Thus, intellectual capital provides businesses with a competitive advantage that is not easily imitated. Intellectual capital consists of three components: human capital, structural capital and customer capital. Here, human capital enhances a company's capacity to generate knowledge and solve problems, structural capital ensures the institutionalization of this knowledge and customer capital strengthens the company's relationships with the external environment. Therefore, while physical assets can be easily replicated, intangible elements such as employees' knowledge, organizational culture, innovation capacity and customer relationships cannot be copied. Consequently, it is understood that the value of a business should be considered not only through financial statements but also together with its human resources.

Key Words: Intellectual Capital, Human Capital, Structural Capital, Customer Capital, Management Performance.

GİRİŞ

Entelektüel sermaye kavramı, işletmelerin performansını belirleyen temel faktörlerden biridir. Küreselleşme ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle işletmelerin rekabet ortamı giderek karmaşıklaşmakta, bu durum geleneksel üretim faktörlerinin tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Bu çerçevede işletmeler, sahip oldukları entelektüel sermayeyi verimli yönetmek zorundadır.

Entelektüel sermayenin önem kazanmasında, maddi olmayan varlıkların işletmelerin piyasa değerleri üzerindeki etkisi dikkat çekmektedir. Birçok işletmenin piyasa değeri ile muhasebe kayıtlarındaki değeri arasında önemli farklar vardır. Bu farkın nedeni ise işletmenin bilançosunda yer almayan bilgi, deneyim, kurum kültürü, çalışan niteliği ve müşteri ilişkileri gibi görünmeyen varlıklardır. Çalışanların yenilikçi fikirleri ve bilgi paylaşımına dayalı örgüt kültürü işletmelerin sürdürülebilir başarı elde etmesinde önemli rol oynar (Örgün, 2014: 1-2).

Entelektüel sermaye aynı zamanda işletmelerin yenilikçilik kapasitesini artırmaktadır. Bilgiye dayalı sermayenin ekonomik büyüme, yenilikçilik ve verimlilik artışı üzerinde doğrudan etkisi söz konusudur. Yazılım, ar-ge faaliyetleri, organizasyonel bilgi, insan sermayesi ve veri yönetimi gibi unsurlar bilgi temelli sermayenin bileşenleri arasındadır. Bilgiye dayalı sermaye yatırımları işletmelerin yalnızca kısa vadeli performansını değil, aynı zamanda uzun vadeli büyüme kapasitesini de belirlemektedir (OECD, 2013: 3-5). Fiziksel varlıklar zaman içerisinde kolaylıkla taklit edilebilirken, çalışanların bilgi düzeyi, örgüt kültürü, yenilik kapasitesi ve müşteri ilişkileri gibi unsurların birebir kopyalanması oldukça güçtür. Bu nedenle entelektüel sermaye işletmelere ayrıcalıklı bir değer sunmaktadır. İşletmeler artık fiziksel sermayeden çok bilgiye, inovasyona ve teknolojiye yatırım yapmaktadır. Entelektüel sermaye çağdaş işletmecilik anlayışının merkezinde yer alan stratejik bir değer olarak kabul edilmektedir (Sadiç, 2025: 30-31).

1. ENTELEKTÜEL SERMAYENİN SINIFLANDIRILMASI

Entelektüel sermaye kendi içinde insan sermayesi, yapısal sermaye ve ilişkisel sermaye olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar işletmenin sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesinde birlikte etkilidir (Acar, Tunca ve İpçioğlu, 2022: 700).

1.1. İnsan Sermayesi

İnsan sermayesi, işletme çalışanlarının sahip olduğu bilgi, beceri, deneyim, uzmanlık ve problem çözme kapasitesini ifade eder. Bilgi ekonomisinin gelişmesiyle birlikte çalışanların sahip olduğu zihinsel birikim işletmeler açısından stratejik bir kaynak haline gelmiştir. Geleneksel üretim anlayışında fiziksel emek ön planda olmuştur. Modern işletmecilik anlayışında çalışanların bilgi üretme ve bilgiyi kullanabilme kapasitesi önemlidir. Bu nedenle insan sermayesi yalnızca bireysel yetkinliklerden oluşan bir unsur değil, aynı zamanda işletmenin yenilikçilik ve sürdürülebilir başarı kapasitesini belirleyen stratejik bir değerdir (Bontis, 1998: 65-66). İnsan sermayesinin temel unsurları arasında çalışanların eğitim düzeyi, mesleki deneyim, teknik bilgi, liderlik becerileri, problem çözme kapasitesi, girişimcilik yeteneği ve örgütsel bağlılık yer almaktadır.

İnsan sermayesi çalışanlarla birlikte işletmeden ayrılma özelliğine sahiptir. Bu nedenle işletmelerin çalışan bağlılığını artıracak ve bilgi paylaşımını destekleyecek yönetim anlayışı geliştirmesi gerekmektedir (Akpınar ve Akdemir, 2000: 333-334). Çalışanların bilgi ve yeteneklerinin kurumsal amaçlarla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çağdaş işletmeler çalışan eğitimine, kariyer geliştirmeye ve sürekli öğrenmeye yönelik yatırımlarını artırmaktadır. İnsan sermayesi yalnızca mevcut bilgi düzeyiyle sınırlı olmayıp aynı zamanda çalışanların öğrenme kapasitesini ve değişime uyum sağlayabilme yeteneğini de kapsamaktadır. Bilgi çağında işletmelerin başarısı, çalışanların sahip olduğu entelektüel kapasitenin ne derece etkin yönetildiğiyle ilişkilendirilmektedir (Sveiby, 1997: 522-523).

1.2.Yapısal Sermaye

Yapısal sermaye, işletmenin çalışanlardan bağımsız olarak sahip olduğu ve örgütsel faaliyetlerin sürdürülmesini sağlayan kurumsal bilgi altyapısını ifade eder. Yapısal sermaye işletmede kalıcı olan bilgi varlıklarını kapsar. Veri tabanları, bilgi sistemleri, organizasyon yapısı, kurum kültürü, yönetim süreçleri, patentler, telif hakları, yazılımlar ve teknolojik altyapılar yapısal sermayenin temel unsurlarıdır (Aslanoglu ve Zor, 2006: 152-153). Yapısal sermaye, insan sermayesinin işletme içerisinde kurumsallaşmasını sağlayan temel mekanizma olarak değerlendirilmektedir. Çalışanların sahip olduğu bireysel bilgi ancak kurumsal enformasyon sistemleri aracılığıyla işletmeye aktarılır. Bu nedenle güçlü bir yapısal sermaye, çalışan bilgisinin örgütsel hafızaya dönüşmesini sağlar ve işletmenin bilgiye dayalı rekabet avantajını korumasına yardımcı olur. Bilgi teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte dijital veri sistemleri ve bilgi paylaşım platformları yapısal sermayenin temel bileşenleri arasında yer almaya başlamıştır (Bulgurcu, 2011: 2-3).

Yapısal sermaye aynı zamanda işletmenin yenilikçilik kapasitesini artırmaktadır. İşletmelerin ar-ge faaliyetleri, inovasyon süreçleri ve organizasyonel öğrenme sistemleri yapısal sermaye kapsamında değerlendirilir. Güçlü bir yapısal sermaye işletme içerisinde bilgi akışını hızlandırır, karar alma süreçlerini kolaylaştırır ve çalışanların verimliliğini artırır. Örgüt kültürünün bilgi paylaşımını desteklemesi işletmenin entelektüel sermayesinin gelişiminde önemli rol oynar (Argüden, 2005: 7). Yapısal sermaye işletmenin faaliyetlerini daha etkin ve verimli biçimde sürdürebilmesini sağlar. Güçlü bir yapısal sermaye, çalışanların bilgiye hızlı erişimini kolaylaştırmakta, bilgi paylaşımını artırmakta ve işletme süreçlerinin standardizasyonunu gerçekleştirmektedir. Teknolojik altyapı, dijital veri sistemleri ve inovasyon süreçleri işletmelerde yapısal sermayenin temel belirleyicileridir. İşletmelerin sürdürülebilir başarı elde edebilmesi için insan sermayesinden elde edilen bilginin kurumsallaştırılması büyük önem taşımaktadır (Örgün, 2014: 2).

1.3. İlişkisel Sermaye

İlişkisel sermaye, işletmenin müşterileri, tedarikçileri, iş ortakları ve dış çevresiyle geliştirdiği ilişkilerin toplamıdır. Müşteri sadakati, marka değeri, kurumsal itibar, dağıtım ağları ve sosyal ilişkiler gibi unsurları kapsar. İşletmeler açısından dış çevreyle kurulan güçlü ilişkiler sürdürülebilir rekabet avantajı elde edilmesinde önemlidir (Akpınar ve Akdemir, 2000: 333). Rekabet yalnızca ürün kalitesi üzerinden değil, müşteri ilişkileri ve kurumsal güven üzerinden de şekillenmektedir. Bu nedenle müşteri sermayesi işletmeler açısından stratejik bir değer taşımaktadır (Akkaya ve Bali, 2018: 1145). İlişkisel sermaye işletmenin piyasa içerisindeki konumunu güçlendiren stratejik bir unsurdur. Müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati işletmelerin uzun vadeli başarısını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Güçlü müşteri ilişkileri işletmelerin marka değerini artırmakta, yeni müşteriler kazanmayı kolaylaştırmakta ve işletmenin finansal performansına olumlu katkı sağlamaktadır. Bu nedenle işletmeler müşteri ilişkileri yönetimi sistemlerine ve kurumsal iletişim faaliyetlerine önemli yatırımlar yapmaktadır (Akkaya ve Bali, 2018: 1146). İlişkisel sermaye yalnızca müşterilerle sınırlı olmayıp işletmenin tüm paydaşlarıyla geliştirdiği ilişkileri de içerir. Tedarikçilerle ilişkiler, stratejik iş birlikleri ve toplumsal itibar işletmenin dış çevredeki konumunu belirler. Küresel rekabet ortamında işletmelerin sürdürülebilir başarı elde edebilmesi için güçlü sosyal ağlara ve kurumsal güvene sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle ilişkisel sermaye işletmeler açısından ekonomik olduğu kadar stratejik ve sosyal bir değer de taşımaktadır (Örgün, 2014: 2-3).

Diğer taraftan ilişkisel sermaye işletmelerin dış çevreyle olan etkileşim kapasitesini de göstermektedir. Özellikle müşteri memnuniyetinin yüksek olması, işletmenin marka değerini artırmakta ve uzun vadeli gelir elde etmesine katkı sağlamaktadır. Güçlü müşteri ilişkileri aynı zamanda işletmenin piyasa konumunu güçlendirmektedir. Bilgi ekonomisinde müşteri beklentilerinin sürekli değişmesi, işletmelerin ilişkisel sermayeyi etkin biçimde yönetmesini zorunlu hale getirmiştir (Akbay, 2007: 45).

2. ENTELEKTÜEL SERMAYE MODELLERİ

Bilgi ekonomisinin gelişmesiyle birlikte işletmelerin sahip olduğu entelektüel sermayenin nasıl yönetileceği, ölçüleceği ve değerlendirileceği konularını gündeme getirmiştir. Bu nedenle araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından entelektüel sermayeyi açıklamaya yönelik çeşitli modeller geliştirilmiştir. Entelektüel sermaye modellerinin temel amacı, işletmelerin sahip olduğu bilgi, deneyim, insan kaynağı, müşteri ilişkileri ve örgütsel süreçler gibi maddi olmayan unsurların işletme performansına olan katkısını ortaya koymaktır (Aslanoğlu ve Zor, 2006: 152-153). Bu modeller işletmelerin görünmeyen değerlerini açıklamaya çalışmıştır.

2.1. Skandia Navigator Modeli

Entelektüel sermaye alanında geliştirilen modellerden ilki Skandia Navigator Modeli'dir. Leif Edvinsson tarafından geliştirilen bu model, entelektüel sermayeyi insan sermayesi ve yapısal sermaye olmak üzere iki ana unsur çerçevesinde ele alır. Modelde finansal göstergelerin yanında müşteri odaklılık, süreç etkinliği, yenilikçilik ve çalışan gelişimi gibi göstergeler dikkate alınmaktadır. Böylece işletmenin yalnızca mevcut finansal performansı değil, gelecekteki büyüme kapasitesi değerlendirilir (Akday, 2007: 58-60).

2.2. Dengeli Skor Kartı Modeli

Bir diğer model Dengeli Skor Kartı modelidir. Kaplan ve Norton tarafından geliştirilen bu model, işletme performansını yalnızca finansal göstergelerle değil; müşteriler, iş süreçleri, öğrenme ve gelişme boyutlarıyla birlikte dikkate almaktadır. Bu model sayesinde işletmeler insan kaynağı, örgütsel öğrenme ve müşteri ilişkileri gibi maddi olmayan değerlerini performans kriterleri içerisine dahil etmektedir (Sveiby, 1997: 522).

2.3. Maddi Olmayan Varlıklar Monitörü Modeli

Sveiby tarafından geliştirilen Maddi Olmayan Varlıklar Monitörü Modeli'nde çalışanların bilgi ve becerileri, işletmenin organizasyon yapısı, müşteri ilişkileri ayrı ayrı ölçülerek işletmenin bilgi temelli performansı analiz edilir. Sveiby'ye göre bilgi paylaşımı arttıkça işletmenin değeri de artmakta ve bilgi diğer üretim faktörlerinden farklı olarak kullandıkça tükenmeyen bir kaynak özelliği göstermektedir (Sveiby, 1997: 522-523).

2.4. Tobin'in Q Oranı

Entelektüel sermaye ölçümünde kullanılan önemli bir model Tobin'in Q oranı'dır. Bu yöntemde işletmenin piyasa değeri ile varlıklarını yenileme maliyeti karşılaştırılır. Eğer işletmenin piyasa değeri varlıklarının değerinden yüksekse, aradaki fark entelektüel sermaye olarak açıklanır. Özellikle bilgi yoğun sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerde Tobin'in Q oranının yüksek çıkması, işletmenin güçlü bir entelektüel sermaye yapısına sahip olduğunu gösterir (Akday, 2007: 55-56).

2.5. Ekonomik Katma Değer (EVA) Modeli

Ekonomik Katma Değer (EVA) modeli, entelektüel sermayenin işletme değerine katkısını ölçer. Bu modelde işletmenin elde ettiği ekonomik kazanç ile kullanılan sermaye maliyeti karşılaştırılır. EVA yaklaşımı, entelektüel sermaye yatırımlarının işletme performansına olan etkisini finansal boyutta değerlendirir. Özellikle inovasyon, ar-ge ve insan kaynakları yatırımlarının işletme değerine katkısının analiz edilmesinde kullanılır (Akday, 2007: 57).

2.6. Teknoloji Brokeri Modeli

Teknoloji Brokeri modeli, Annie Brooking tarafından geliştirilmiş olup entelektüel sermayeyi dört temel unsur üzerinden incelemektedir: insan merkezli varlıklar, fikri mülkiyet varlıkları, altyapı varlıkları ve piyasa varlıkları. Model, işletmenin sahip olduğu teknolojik bilgi, marka değeri, çalışan niteliği ve müşteri ilişkileri gibi unsurları birlikte değerlendirerek işletmenin rekabet gücünü analiz eder (Aslanoğlu ve Zor, 2006: 152).

2.7. IC Rating Modeli

IC Rating modeli işletmelerin insan sermayesi, yapısal sermaye ve müşteri sermayesi alanlarındaki güçlü ve zayıf yönlerini analiz ederek entelektüel sermaye derecelendirmesi yapmaktadır. Özellikle bilgi ekonomisinde faaliyet gösteren işletmeler açısından bu model, sürdürülebilir rekabet avantajı oluşturan stratejik alanların belirlenmesine katkı sağlar (Argüden, 2005: 5-7).

3. SONUÇ

Bilgi ekonomisinin hâkim olduğu rekabet ortamında işletmelerin sürdürülebilir başarısı, entelektüel sermayenin doğru yönetilmesine bağlıdır. Entelektüel sermaye; işletmenin sahip olduğu bilgi, deneyim, uzmanlık, örgütsel yapı ve ilişkisel ağlardan oluşan maddi olmayan varlıkları ifade eder (Açık Taşar, 2019: 23-24). Entelektüel sermayenin yönetilmesinde insan sermayesinin sahip olduğu bilgi ve yetkinlikleri rol üstlenir. Nitelikli insan kaynağı sayesinde değişen çevre koşullarına daha hızlı uyum sağlanır ve inovatif çözümler geliştirilir (Yıldız, 2020: 15-18). İnsan sermayesi bilgi üretiminde ve problem çözmede önem taşır. Bilgi çağında örgüt performansını artıran en önemli unsurlardan biri çalışanların sahip olduğu bilgi ve yetkinliklerdir (Demir ve Aküzüm, 2024: 118). Yapısal sermayeyi temsil eden işletme bilgi sistemleri, organizasyon yapısı, kurum kültürü ve teknolojik altyapıdır. Bilgi paylaşımını destekleyen yönetim enformasyon sistemleri işletmelerin inovasyon süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır (Erkuş, 2006: 64-74). İlişkisel sermaye kapsamında işletmelerin müşteri, tedarikçi ve diğer paydaşlarla geliştirdiği ilişkiler dikkate alınır. Güçlü ilişkisel sermayeye sahip işletmeler çevresel değişimleri daha hızlı adapte olur ve müşteri beklentilerine uygun inovatif çözümler geliştirebilir. Müşteri ilişkileri, örgütsel itibar ve paydaş iş birlikleri birlikte işletme performansını olumlu etkilemektedir (Erkuş, 2006: 77-92).

Diğer taraftan entelektüel sermaye modelleri, işletmelerin görünmeyen değerlerini ortaya koymayı amaçlayan stratejik araçlar olarak önem taşımaktadır. İşletmelerin başarısı yalnızca fiziksel sermayeye değil; bilgi üretme kapasitesine, çalışan niteliğine, yenilikçilik düzeyine ve müşteri ilişkilerine bağlı hale gelmiştir. Bu nedenle entelektüel sermaye modelleri, işletmelerin sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmesinde önemli bir yönetim aracı olarak kabul edilmektedir.

Sonuç olarak bilgiyi etkin biçimde yöneten işletmeler yenilikçi ürün ve hizmet geliştirme konusunda rakiplerine göre avantaj sağlamaktadır. Entelektüel sermayesi güçlü işletmeler daha hızlı inovasyon üretebilmektedir. İşletmeler insan kaynağına önem vermelidir. Bilginin elde edilmesi, paylaşılması ve kurumsal hafızaya dönüştürülmesi kurum çapında etkin ve etkili entelektüel sermaye faaliyetlerine bağlıdır.

KAYNAKLAR

- Acar, Ö. F., Tunca, M. Z. ve İpçioğlu, İ. (2022). *Entelektüel sermayenin sınıflandırılması, ölçülmesi ve boyutları üzerine kavramsal bir çalışma*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İİBF Dergisi, 9(1)
- Açık Taşar, S. (2019). İnovasyon ve entelektüel sermaye arasındaki ilişkinin işletmeler açısından incelenmesi. *Researcher: Social Science Studies*,
- Akbay, G. (2007). *Entelektüel sermaye ve bankacılık sektörü üzerine bir uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akkaya, B., ve Bali, S. (2018). *Entelektüel sermaye ve ölçümüne yönelik bazı yaklaşımlar*. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11(55), 1145-1155.
- Akpınar, A. T., ve Akdemir, A. (2000). *Intellectual capital*. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- Argüden, Y. (2005). *Entelektüel sermaye*. ARGE Danışmanlık Yayınları.
- Aslanoğlu, S., ve Zor, İ. (2006). *Bilgi varlıklarının değerlendirilmesi: entelektüel sermaye ölçüm ve değerlendirme modelleri; karşılaştırmalı bir analiz*.
- Bontis, N. (1998). *Intellectual capital: an exploratory study that develops measures and models*. Management Decision, 36(2), 63-76.
- Bulgurcu, E. B. (2011). *Entelektüel sermaye ve entelektüel sermayenin ölçülmesi*. Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi.
- Demir, A. ve Aküzüm, C. (2024). Entelektüel sermaye, inovasyon ve öz-yetkinlik arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Yıldız Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 118-132.
- Erkuş, A. (2006). *Entelektüel Sermaye: Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Erzurum Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- OECD. (2013). *Supporting investment in knowledge capital, growth and innovation*. OECD Publishing.
- Örgün, G. S. (2014). *Entelektüel sermaye: teorik bir inceleme*.
- Sadiç, M. (2025). *Entelektüel sermaye: kavramsal bir çerçeve*. Kapanaltı Dergisi, 8, 30-57.
- Sveiby, K. E. (1997). *The new organizational wealth: managing and measuring knowledge-based assets*. Berrett-Koehler Publishers.
- Yıldız, D. (2020). *Büyük işletmelerde entelektüel sermayenin yenilikçiliğe dayalı rekabet üstünlüğüne etkisi: Eskişehir’de kurulu işletmeler üzerinde bir araştırma*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

CROSS-CULTURAL E-COMMERCE MARKETING: A BIBLIOMETRIC TREND AND NETWORK ANALYSIS

Assoc. Prof. Dr., Resul ÖZTÜRK ¹ / Assoc. Prof. Dr., Mehtap ÖZTÜRK ² / Ph.D. Zeynep Kızıllan ³

¹ Selcuk University, resul.ozturk@selcuk.edu.tr, 0000-0003-1493-7315

² Selcuk University, mehtapfindik@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8513-9842

³ Selcuk University, 244172001004@ogr.selcuk.edu.tr, 0000-0002-9413-6253

Abstract

This study aims to map the intellectual, conceptual, and geographical landscape of the cross-cultural e-commerce literature, one of the most dynamic intersections of globalization and digitalization. To achieve this, a comprehensive dataset was compiled from the Web of Science (WoS) database using a search strategy that combines concepts related to cross-border digital commerce and cultural diversity. The dataset was analyzed using R-Bibliometrix and VOSviewer to examine both bibliometric performance indicators and knowledge network structures. The findings indicate that the literature has experienced a sharp acceleration since 2018 and, according to cumulative growth models, has approached a stage of theoretical maturity by 2026. Co-citation and institutional collaboration analyses reveal a strong structural integration between Hofstede's cultural dimensions framework, McKnight's online trust model, and the Asia-based logistics and international trade research tradition led by Zhejiang University. The results also show that global knowledge production is primarily concentrated around collaborations between China and the United States. Thematic mapping and keyword network analyses further demonstrate that the field has largely moved beyond traditional discussions of technology adoption. Instead, recent studies increasingly emphasize digital consumer trust while focusing on data-driven and intelligent marketing solutions, including convolutional neural networks, deep learning algorithms, and live-streaming e-commerce. Overall, the findings point to a clear paradigm shift toward real-time, AI-enabled, and interaction-oriented approaches in cross-cultural e-commerce marketing research.

Keywords: Cross-Cultural E-Commerce Marketing, Cross-Border E-Commerce, Cultural Dimensions, Online Trust, Bibliometric Analysis.

KÜLTÜRLERARASI E-TİCARET PAZARLAMASI: BİBLİYOMETRİK BİR TREND VE AĞ ANALİZİ

Özet

Bu çalışma, küreselleşme ve dijitalleşmenin en dinamik kesişim noktalarından biri olan kültürlerarası e-ticaret yazınının entelektüel, kavramsal ve coğrafi yapısını haritalandırmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Web of Science (WoS) veri tabanından sınır ötesi dijital ticaret ile kültürel boyut varyasyonlarını içeren kapsamlı bir arama stratejisiyle derlenen nitelikli veri seti, R-Bibliometrix ve VOSviewer yazılımları aracılığıyla nicel performans ve ağ görselleştirme analizlerine tabi tutulmuştur. Araştırma bulguları, literatürün 2018 sonrasında dikey bir büyüme ivmesi yakaladığını ve kümülatif tahmin modellerine göre 2026 yılı itibarıyla kuramsal bir olgunluk eşiğine ulaştığını göstermektedir. Yazarlar arası ortak atıf ve kurumsal işbirliği ağları; Hofstede'in kültürel boyutlar teorisi ile McKnight'ın çevrimiçi güven modellerinin, Zhejiang University öncülüğündeki Asya lojistik ve ticaret ekolüyle yapısal olarak entegre olduğunu, küresel bilgi akışının ise Çin-ABD aksında düğümlendiğini ortaya koymaktadır. Stratejik diyagramlar ve kelime ağları, alanın geleneksel ve statik teknoloji benimseme tartışmalarını büyük ölçüde geride bıraktığını kanıtlamaktadır. Güncel literatürün, dijital tüketici güvenini odağına alarak; evrimsel yapay sinir ağları, derin öğrenme algoritmaları ve canlı yayın e-ticareti gibi veri odaklı, akıllı ve anlık etkileşime dayalı yeni nesil pazarlama çözümlerine doğru güçlü bir paradigma kayması yaşadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kültürlerarası E-Ticaret Pazarlaması, Sınır Ötesi E-Ticaret, Kültürel Boyutlar, Çevrimiçi Güven, Bibliyometrik Analiz

INTRODUCTION

The simultaneous advancement of globalization and digital transformation has dismantled traditional trade barriers, drawing enterprises into a dynamic ecosystem known as cross-border e-commerce (CBEC) (Manyika et al., 2016). Multimedia capabilities and interactive interfaces provided by internet technologies have transformed e-commerce from a mere local shopping tool into a global lifestyle (Gong, 2009). Particularly since 2020, structural imperatives triggered by the Covid-19 pandemic have created a vertical acceleration in cross-border digital trade, making consumers' orientation toward foreign markets permanent (Y. Chen et al., 2022; Sheth, 2020). However, despite this technological convergence, consumers' preferences and behaviors in the digital world continue to possess deep cultural roots (Gong, 2009).

Culture functions as a "mental software" that shapes individuals' information processing and attitudes toward technology, playing a decisive role in the success of e-commerce platforms (Hofstede et al., 2010; Yoon, 2009). Academic literature confirms that, despite the universality of technological infrastructure, perceived value and purchase intentions of consumers are filtered through national cultural dimensions (e.g., uncertainty avoidance, individualism, power distance) (Gong, 2009; Hofstede, 2001). In this context, the visual design, content presentation, and symbols used by e-commerce sites are culturally coded; it can be argued that the failure of these codes to align with the mental models of the target market is the greatest obstacle to brands achieving legitimacy on a global scale (Liao et al., 2008; Pratesi et al., 2021).

The complex structure of cross-border e-commerce brings with it the psychological distance and associated risk perceptions that consumers encounter when transacting with a foreign seller (X. Chen & Kim, 2021; Sullivan & Kim, 2018). Language barriers, logistical uncertainties, and a lack of trust in payment systems create online purchasing delays and weaken transaction intentions (X. Chen & Kim, 2021; Kim et al., 2017). Trust emerges as one of the most fundamental theoretical pillars of the literature in overcoming these obstacles (Gefen, 2006). However, the construction of trust varies according to the cultural background of countries; for example, the importance Turkish consumers place on information accuracy and transaction speed may exhibit a more dominant and exaggerated sensitivity than the security perceptions of American consumers (See studies such as Hwang et al., 2006; Lightner et al., 2002).

Today, cross-cultural e-commerce marketing is transitioning from static web pages to a new era dominated by Industry 5.0 dynamics, AI-supported and live-stream-focused solutions (Jin, 2024; Zhengjun et al., 2025). Next-generation tools, such as live-stream commerce, humanize the brand, enable cultural storytelling, and eliminate the cold distance created by traditional e-commerce (Zhengjun et al., 2025). Despite this, the existing literature remains fragmented and insufficient in presenting the cultural permeability between operational processes and marketing strategies within a holistic framework (Giuffrida et al., 2017). This methodological fragmentation has necessitated an inclusive study that analyzes the evolution of the field over the last twenty-six years and its future technological trajectories. Accordingly, the fundamental research questions this study aims to answer are as follows:

RQ1: How do the thematic transformations in cross-cultural e-commerce literature over the last twenty-six years interact with technological paradigm shifts (AI, IoT, Livestreaming)?

RQ2: Around which geographical and institutional networks are the moderating effects of national cultural dimensions on e-commerce trust and consumer acceptance models (TAM/TPB) concentrated in the literature?

RQ3: What strategic position (motor, niche, or declining) do the solution models offered for overcoming psychological distance and logistical barriers in cross-border digital trade occupy in thematic mapping?

To answer these fundamental questions, this research aims to examine the vast academic accumulation of 26 years (2000–2026) obtained from the Web of Science database from a holistic perspective using bibliometric analysis

and network visualization techniques. Aiming to resolve the methodological and theoretical fragmentation present in the literature, this study will objectively reveal the intellectual backbone and thematic evolution of cross-cultural e-commerce marketing through performance analysis and science mapping approaches. The results of the analysis aim to not only report current trends but also provide a theoretical roadmap for next-generation marketing strategies blended with Industry 5.0 dynamics and generative AI tools, thereby making visible the critical empirical gaps and strategic routes researchers may pursue.

1. CONCEPTUAL FRAMEWORK

Cross-cultural e-commerce marketing represents more than just a technical adaptation for businesses operating in global markets; it signifies the process of penetrating the local value systems of consumers. Hofstede's Cultural Dimensions Theory, one of the most robust theoretical foundations in this field, explains how elements such as uncertainty avoidance and individualism shape the trust placed in e-commerce platforms (Chai & Pavlou, 2004; Yoon, 2009). Research indicates that cultural differences play a moderating role in the psychological processes that determine consumers' online shopping intentions, and that information-seeking and design preferences of low- and high-context cultures diverge sharply in this regard (Gong, 2009). In this context, the global expansion of e-commerce is as directly related to how compatible national cultural values are with digital marketing strategies as it is to technological infrastructure (Hwang et al., 2006).

Trust construction and risk perception are presented as conceptual pillars at the center of cross-cultural e-commerce literature. The trust consumers place in a platform varies according to their cultural background; for instance, in societies with high levels of uncertainty avoidance, institutional trust and perception of legal structure are of primary importance in purchase decisions (Gefen, 2006; Rosillo-Díaz et al., 2020). Viewed from the perspective of the Theory of Planned Behavior (TPB), the impact of attitudes and subjective norms on online transaction intention shows significant differences from country to country (e.g., between the USA and Turkey) (See Lightner et al., 2002). This necessitates that global brands develop localized strategies sensitive to the cultural sensibilities of the target market rather than relying on a universal model for building trust (Kassim & Asiah Abdullah, 2010).

Content preparation and visual design processes on e-commerce sites constitute the operational arm of cross-cultural marketing. In this regard, information presentation, color usage, and symbols on websites, while appearing technologically neutral, are actually culturally coded (Liao et al., 2008). While symbolic and holistic content is preferred in high-context cultures, analytical and direct information presentation increases user satisfaction in low-context cultures (Gong, 2009). At this point, the concept of Cultural Adaptability gains importance; it is argued that brands aligning their web content with the mental models of the target market has a decisive impact on customer loyalty and brand image (Pratesi et al., 2021; Sinkovics et al., 2007).

The interaction between globalization and e-commerce drives businesses to develop strategic orientations focused on growth, customers, and foreign markets. Small e-retailers in developed and emerging markets face various challenges in cross-border trade, such as language barriers and cultural inequities (Goldman et al., 2021). Furthermore, the effectiveness of digital marketing tactics is directly related to the firm's level of foreign market orientation, and in this process, the use of social media and live-stream content plays a critical role in the brand gaining local legitimacy (Zhengjun et al., 2025). Especially in traditional sectors like agri-food, the integration of cultural storytelling and digital innovation serves as a strategic interface for regional brands to gain competitiveness in the global market (Zhengjun et al., 2025).

Psychological distance in cross-border e-commerce (CBEC) refers to the sum of social, economic, and political barriers perceived by consumers when shopping from foreign markets. Language differences, logistical infrastructure inadequacies, and import tariffs create tendencies toward online purchase delays or abandonment in consumers (X. Chen & Kim, 2021). Thus, the relevant literature emphasizes that technological excellence alone

is not sufficient to overcome these obstacles; brands must respect the ethical values, consumption habits, and payment preferences of the target culture (Sullivan & Kim, 2018). Reducing psychological distance is considered the fundamental key to customer satisfaction and the sustainability of cross-border operations (Huang & Chang, 2019).

In recent years, this field of study has begun to undergo a methodological evolution with Industry 5.0 and big data analytics. Bibliometric findings confirm that cross-border e-commerce research gained momentum after 2019, especially due to the pandemic, and that the focus has shifted from consumer intentions to supply chain transparency and artificial intelligence applications (Y. Chen et al., 2022; Liu et al., 2021). Furthermore, technologies such as blockchain-based product traceability and artificial neural networks are being used to minimize uncertainties created by cultural differences and to build brand values such as next-generation "green trust" (Liu et al., 2021). This transformation proves that cross-cultural e-commerce is no longer a static adaptation process but a data-driven and dynamic process of value co-creation (Sah et al., 2025; Xiao et al., 2019).

Table 1: Literature Review

References	Method	Purpose	Findings	Research Gaps / Future Directions
Rosillo-Díaz et al. (2020)	Quantitative survey and multiple regression analysis.	To examine the impact of individual cultural dimensions (individualism and uncertainty avoidance) on e-commerce quality perception and risk.	Cultural dimensions have a strong moderating effect on risk perception and quality assessment, which directly influences purchase intention.	Experiments should be conducted on real platforms rather than hypothetical ones to control for the impact of past usage.
Hwang et al. (2006)	Comparative survey and t-test with participants from Korea, Turkey, and the USA.	To compare online shopping preferences across three different cultures based on cultural and infrastructural factors.	While Korean and Turkish students place more importance on information accuracy, Turkish participants are more sensitive regarding price bargaining and transaction speed.	Due to the rapid changes in IT infrastructure, the current impact of infrastructural factors should be tracked through longitudinal studies.
Lightner et al. (2002)	Comparative survey on university students in Turkey and the USA.	To determine e-commerce behaviors and design preferences in developing (Turkey) and developed (USA) markets.	Security is the most important factor for both groups; however, Turkish consumers value information speed and product comparison more than their American peers.	How cultural design preferences evolve as familiarity with technology increases should be investigated in depth.
Goldman et al. (2021)	SEM analysis with 446 e-retailers from 20 European countries.	To compare the effects of strategic orientations (growth, customer, etc.) on digital marketing	Growth orientation is effective in developed markets, whereas customer orientation can sometimes	Cross-border challenges faced by SMEs in different continents such as Asia and South

		tactics and international performance.	negatively affect e-retailers in developing markets.	America should be tested in future models.
Tikhomirova et al. (2021)	SmartPLS analysis with Aliexpress and eBay user data.	To measure the effect of cultural dimensions (uncertainty avoidance, long-term orientation) on trust and intention across platforms of different origins.	For Aliexpress users, uncertainty avoidance affects trust more, whereas for eBay users, long-term orientation is more decisive.	The model could be expanded with variables such as the "indulgence vs. restraint" dimension and word-of-mouth (WOM) marketing.
Zhengjun et al. (2025)	Qualitative, multiple case study, and 22 semi-structured interviews.	To explore cross-cultural marketing strategies of regional tea businesses in cross-border e-commerce.	Success is based on four pillars: cultural storytelling, packaging adaptation, live-stream commerce, and building corporate trust.	The cultural impact of digital live-streams in other agri-food products should be tested using experimental methods.
X. Chen & Kim (2021)	Survey and SEM analysis with Chinese CBEC consumers.	To examine the effect of psychological distance factors (language, logistics, tariffs, etc.) on purchase delay and customer satisfaction.	Barriers in logistics and payment infrastructure increase psychological distance; this lowers satisfaction and delays the purchasing process.	Individual differences in consumers' sensitivity to cultural adaptation should be the focus of future research.

Table 1 in the literature review reveals, through scientific evidence, that cross-cultural e-commerce marketing is not merely a technical translation process but one that requires profound psychological and strategic adaptation. The examined studies clearly show how consumers' trust and risk perceptions are shaped by national culture (Rosillo-Díaz et al., 2020; Tikhomirova et al., 2021). It is observed that while elements such as price bargaining and information speed come to the fore in emerging markets like Turkey, consumers' motivations on global platforms differ even based on the platform's origin (Hwang et al., 2006; Tikhomirova et al., 2021). This proves that e-commerce managers should avoid the "one-site-fits-all" approach and instead design digital experiences that align with the cultural codes of the target market (Sinkovics et al., 2007).

Furthermore, the finding that tangible barriers such as logistics and language in cross-border trade create psychological distance, distancing the consumer from the purchasing decision, demonstrates how deeply operational processes are intertwined with marketing communication (X. Chen & Kim, 2021). Current empirical evidence emphasizes that next-generation tactics, such as live-stream commerce and digital storytelling, are more effective than traditional methods in overcoming these barriers (Zhengjun et al., 2025). Accordingly, this study analyzes this cultural permeability in the literature using a bibliometric approach, systematizing culture-sensitive digital marketing models that businesses can utilize to gain a competitive advantage in cross-border e-commerce.

2. METHODOLOGY

In this study, bibliometric analysis and literature mapping techniques—quantitative research methods—were adopted to reveal the intellectual structure, conceptual development, and global network partnerships in the field of cross-cultural e-commerce marketing, including the time dimension. Bibliometric analysis (BA), a disciplined review method in academic literature, is an ideal method for systematically exploring and mapping massive amounts of scientific data, as emphasized by Passas (2024). This technique makes it possible to identify unexplored gaps in the literature while revealing the evolutionary nuances of a field (Donthu et al., 2021). BA, which presents the structural composition and main trends of the literature with quantitative indicators, enables the identification of key publications and journals that steer discussions (Ellegaard & Wallin, 2015; Passas, 2024). The method also offers a comprehensive perspective on where scientific knowledge is concentrated by analyzing authors' collaboration networks and institutional affiliations (Hassan & Duarte, 2024). In this process, conducted with data provided by databases such as Web of Science and Scopus, performance measurement and science mapping techniques are used as complementary elements (Passas, 2024).

The primary objective of the study is to map the academic accumulation produced at the intersection of the "Cross-Cultural/Cross-Border" concepts and the "E-Commerce/Digital Marketing" fields in the international literature. In line with this general objective, it was aimed to determine the annual publication production trend and historical breaking points in the literature, and to identify the most influential journals, authors, and countries steering the development of the field. Additionally, answers were sought to questions regarding into which thematic clusters the conceptual structure of the subject is divided in the context of globalization/localization balances and digital consumer behavior, and what the most current trends in the literature between 2000 and 2026 are.

The research data were compiled from the Web of Science (WoS) Core Collection database, which hosts the most prestigious and reliable indices in the field of social sciences. Furthermore, in order to comprehensively cover all relevant publications in the cross-cultural e-commerce marketing literature, the search query used in the Topic (TS) field is as follows: (("cross-cultural" OR "cross cultural" OR "intercultural" OR "inter-cultural" OR "cross-border" OR "cross border" OR "transnational" OR "glocalization" OR "cultural dimension*") AND ("e-commerce" OR "ecommerce" OR "electronic commerce" OR "digital marketing" OR "online marketing" OR "social commerce" OR "internet marketing")). To reach a homogeneous and high-quality data set suitable for the purpose of the literature, the data organization process was structured with filtering criteria implemented step-by-step. The initial output of 1,831 records of the developed algorithm on WoS was filtered according to document type, time range, and language criteria, respectively. In the final stage, the sequential files downloaded from WoS were merged in the R environment, duplicate and incorrectly indexed records were eliminated, and the final data set was formed as shown in the table, without any data loss.

Table 2: Data Set Determination and Filtering Process

Step	Applied Filter / Process	Number of Remaining Publications	Number of Excluded Publications
Initial	Initial output of the developed search algorithm on WoS	1,831	-
Step 1	Document Type Limitation (Only "Article" and "Review")	1,318	513
Step 2	Time Range Limitation (2000 – 2026)	1,313	5
Step 3	Language Limitation (Only publications written in English)	1,292	21
Step 4	R-Bibliometrix Merging & Deduplication: Sequential files downloaded from WoS were merged in the R environment; database-sourced duplicate records were checked.	1,292	0

Final Data Set: The precise number of publications included in the analysis is 1,292.

The final data set of 1,292 publications was analyzed using two powerful software tools recognized as global standards in bibliometric analysis. In this context, the Bibliometrix (Bibliometrix/Biblioshiny) package within R Studio was used to conduct performance analysis and reveal dimensional trends, while VOSviewer software was utilized for network and visualization analyses. On the R-Bibliometrix platform, an annual scientific production analysis was conducted to calculate the historical growth momentum of the subject, and a thematic map algorithm was executed where keywords were classified according to density and centrality values. Thus, motor, niche, basic, and emerging themes in the field were identified. In VOSviewer, country-to-country collaboration networks—which are of critical importance due to the nature of cross-cultural studies—were analyzed, and the relationships between the common keywords used by authors were examined.

3. FINDINGS

When examining the academic literature produced in the field of cross-cultural e-commerce between 2000 and 2026, a very clear volumetric growth trend is observed, parallel to the waves of globalization and digitalization. In the early 2000s, the number of annual publications remained quite limited due to the fact that internet infrastructure and cross-border logistics processes were still in their development stages (See Figure 1).

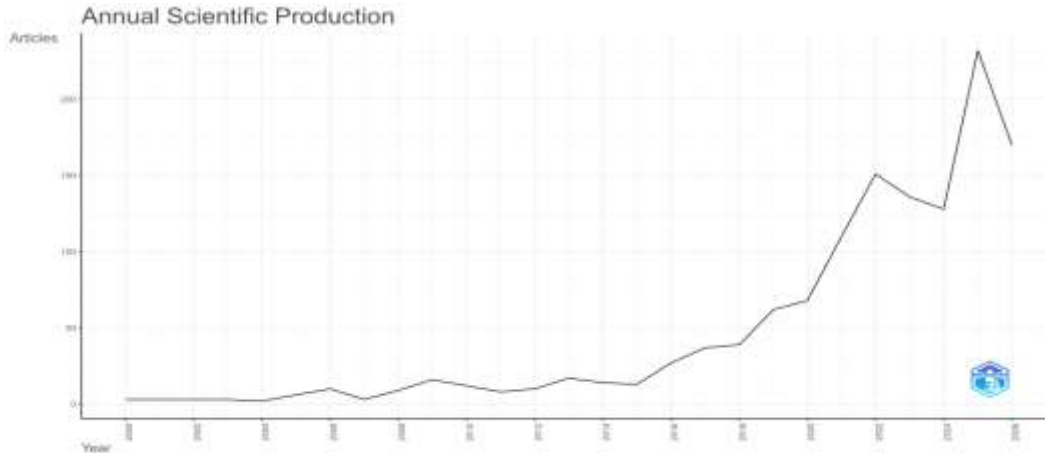


Figure 1: Annual Publication Count of Cross-Cultural E-Commerce Literature

However, the increase in publications, which began in 2018 and gained a sharp vertical acceleration after 2020 due to the impact of the Covid-19 pandemic, is a concrete reflection in the literature of consumer behaviors shifting to digital channels on a global scale. This quantitative leap, which reached its peak in 2025 (approximately 230 publications), clearly demonstrates that deciphering the behavioral codes of consumers with different cultural backgrounds in the e-commerce ecosystem has become one of the most dynamic mainstream focuses of the international trade literature.

In contrast to this steady rise in publication numbers, the annual average citation rates per article follow a fluctuating course with field-specific breaking points (See Figure 2). The massive peak in 2009 (an average of approximately 7 citations per year), when the literature was volumetrically in its infancy, indicates that the small number of studies published during that period were cornerstone works that built the cultural dimensions of the field (such as the application of Hofstede's cultural dimensions to e-commerce).

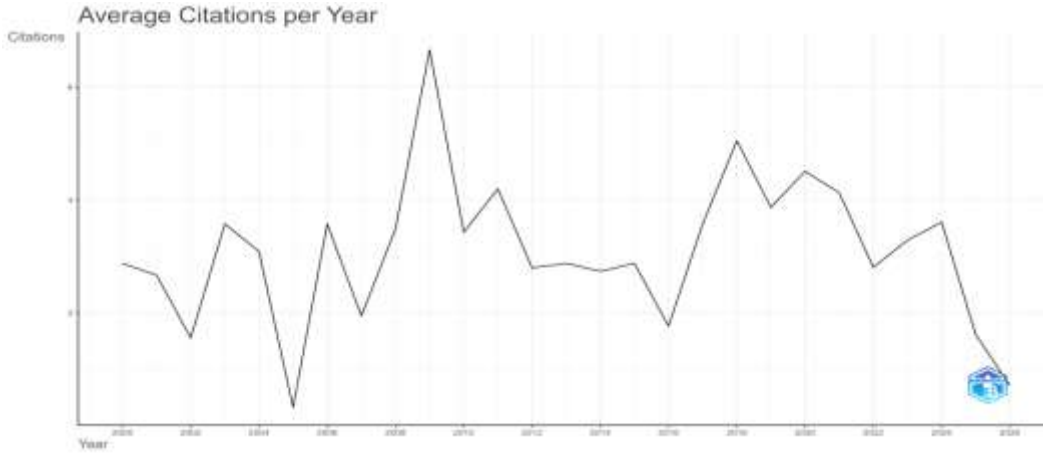


Figure 2: Average Citation Trends

Similarly, the citation fluctuations experienced in 2018 and 2020 are proof that the new theoretical models introduced to the field with the rise of mobile commerce and cross-border e-commerce have created a high impact. The sharp decline in the 2024–2026 period is entirely due to a methodological time-lag effect; it can be explained by the fact that the high volume of newly published works has not yet had sufficient time to reach its citation potential and that the 2026 data reflects only the first half of the year.

When evaluated holistically, the two dynamics in Figures 1 and 2 demonstrate that the cross-cultural e-commerce literature has empirically entered a maturation phase, but is qualitatively continuously nourished by new sub-theories due to the complexity brought by cultural diversity. This data structure strongly supports the theoretical foundation of our study regarding cross-border digital marketing strategies.



Figure 3: Life Cycle and Annual Publication Forecast Model of Cross-Cultural E-Commerce Literature

The life cycle analysis (Figure 3), applied to mathematically reveal the maturity level of academic production and future volumetric projections in the field of cross-cultural e-commerce, strongly validates the development dynamics of the literature. The high goodness-of-fit ($R^2 = 0.942$) between the actual annual publication counts (blue dots) and the theoretical logistic growth curve (blue line) proves that the constructed forecasting model has an extremely high explanatory power. An examination of the model reveals that the literature underwent a relatively slow and horizontal preparatory phase between 2000 and 2016, but since that date, it has transitioned into a steep vertical growth phase as cross-border digital trade has become a global norm.

The peak point, marked with a red dashed line on the graph and calculated as a result of mathematical modeling, was identified as mid-2026 (2026.1). This critical finding indicates that the annual publication production rate in cross-cultural e-commerce has reached a volumetric saturation point and that, from this date forward, the field will transition into a phase of theoretical maturity and stabilization. The downward trend displayed by the projection curve toward 2030 and beyond should not be interpreted as the field losing its academic significance. On the contrary, it can be interpreted as traditional cross-cultural empirical models (such as the approaches of Hofstede, Hall, etc.) becoming standardized and giving way to more specific, technology-integrated sub-research areas such as digital customs, global value chains (GVC), and AI-based e-commerce logistics.

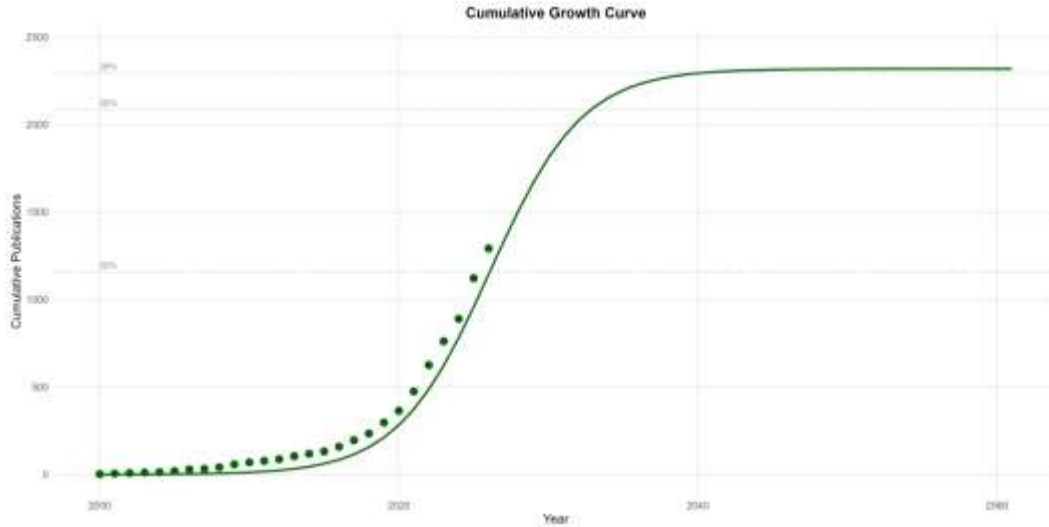


Figure 4: Cumulative Growth Curve and Saturation Model of Cross-Cultural E-Commerce Literature

The cumulative growth curve (See Figure 4), created to analyze the total accumulation trend and theoretical carrying capacity of cross-cultural e-commerce literature over time, confirms that the literature follows a classic S-type (logistic) maturation path. An examination of the graph shows that the cumulative pool between 2000 and 2016 remained at quite low levels, but the data points (green symbols) that occurred after this date have achieved full harmony with the theoretical logistic growth line and have begun a steep climb. This is clear evidence of how strong an empirical foundation cross-border digital marketing and multinational e-commerce processes have found in the academic world.

The horizontal dashed lines in the graph represent the potential saturation thresholds of the literature in percentage terms. Our current data set, reaching approximately 1,300 publications, structurally demonstrates that we have just passed the critical 50% threshold of the field's total growth potential and are rapidly climbing toward the 90% saturation level. This strategic finding confirms that the main theoretical framework and foundational empirical approaches of the Cross-Cultural E-Commerce literature have been largely established, but that there is still approximately 15 years of dynamic research and stabilization process ahead before the theoretical boundaries are completely closed and full maturity (the 99% saturation line) is reached.

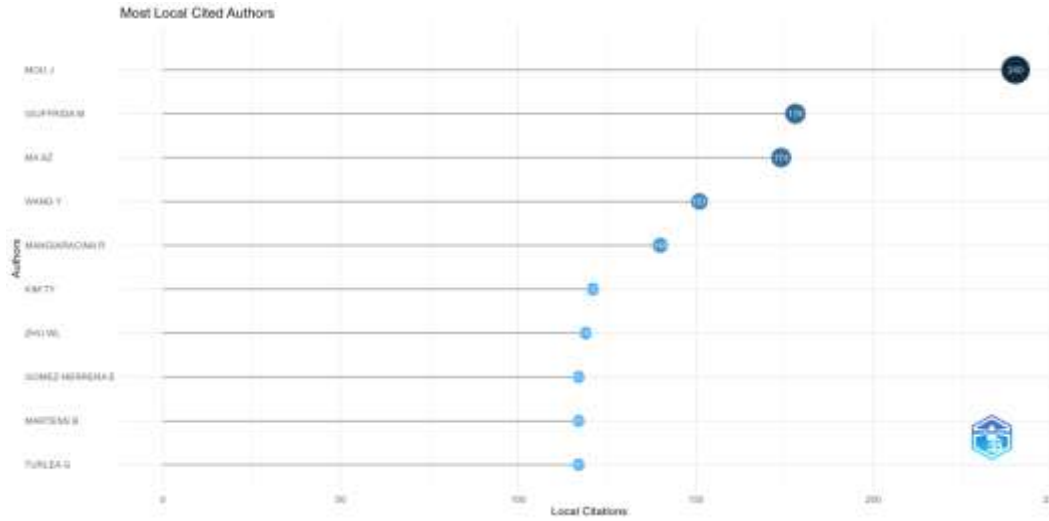


Figure 5: Most Influential Authors in the Field of Cross-Cultural E-Commerce

Figure 5, which presents a local citation analysis listing the authors most cited by other studies within the generated data set, reveals the intellectual leaders and reference sources of the cross-cultural e-commerce literature. Unlike global citation indices, local citations measure the academic interaction and connectivity directly within this specific research pool. An examination of the graph shows that the author named Mou J is the most dominant and central figure in the literature by a significant margin, with 240 local citations. Mou's empirical studies, particularly on consumer trust in cross-border e-commerce, the impact of cultural differences on risk perception, and platform design, prove that they have become foundational references shaping the theoretical infrastructure of the field.

Following Mou J, Giuffrida M (178 citations) and Ma SZ (174 citations) are other critical actors who steer the direction of the literature with the models they have produced on cross-border e-commerce logistics, international market entry strategies, and the performance of e-commerce ecosystems. Wang Y (151 citations) and Mangiaracina R (140 citations), positioned in the middle of the list, possess cornerstone studies particularly on digital supply chain management and cross-cultural operational efficiency. Researchers at the bottom of the list, such as Kim TY (121 citations), Zhu WL (119 citations), and Gomez-Herrera E, Martens B, and Turlea G (117 citations each), nourish the empirical diversity of the literature by focusing on the digital single market, the impact of cultural proximity on digital trade, and consumer preferences. The fact that the last three authors (Gomez-Herrera, Martens, and Turlea) have identical citation counts indicates that they have authored a highly influential, multi-institutional report or article that examines the macroeconomic and cultural dimensions of cross-border e-commerce on a European or global scale.

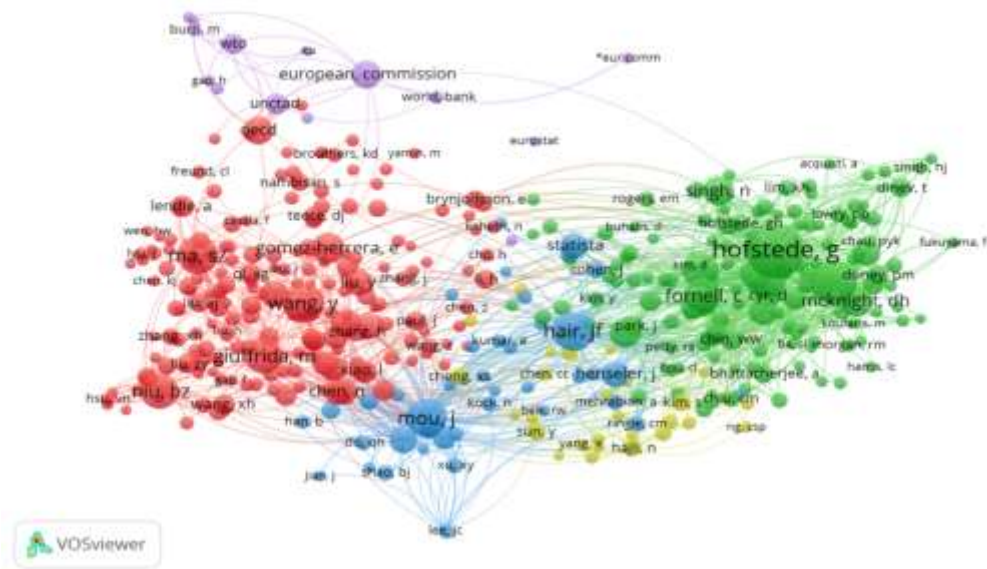


Figure 6: Co-Citation Network Analysis Among Authors

The co-citation analysis among authors (Figure 6), conducted specifically for the cross-cultural e-commerce literature using VOSviewer software, reveals the theoretical roots, interdisciplinary transitions, and clustering structures of this dynamic field with full clarity. The node sizes in the network map reflect the total co-citation weight structurally received by the researchers, while the links reflect the frequency with which these names are cited together in the bibliographies of the same articles. The network topology before us proves that the field is not limited to marketing or informatics; rather, it rises upon a highly rich, multipolar intellectual ground that integrates macro-economic authorities with socio-cultural theories.

When the color-coded clusters in Figure 6 are examined in depth, the main pillars that build the cross-cultural e-commerce literature are differentiated as follows: Green Cluster (Cultural Dimensions and Classical Trust School): Dominating the right side of the map, this cluster is the theoretical triangulation point that defines the cross-cultural nature of the field. Hofstede, G., located at the center of gravity of the cluster, possesses one of the largest node volumes as the most fundamental actor enabling the quantification of culture in international business and marketing literature. Names positioned around him, such as McKnight, DH, Doney, PM, and Fornell, C., provide the main references fueling the cultural adaptation processes of theories regarding consumer trust in e-commerce, risk perception, and customer satisfaction.

Red Cluster (Cross-Border Logistics, Trade, and Operational Performance School): This dense cluster, located in the left block of the map, represents the operational and macro-trade dimensions of knowledge. Names we also traced in our local citation list, such as Giuffrida, M., Ma, SZ., Wang, Y., and Gomez-Herrera, E., are the supporting pillars of this cluster. Cross-border e-commerce logistics, barriers to international market entry, customs processes, and the concrete effects of digital networks on commercial performance are theorized within this empirical cluster. Blue and Yellow Clusters (Methodological Bridge and Platform Interaction School): The blue cluster, standing like a keystone on the lower-middle axis of the map, brings together the field's most central figure, Mou, J., with names like Hair, JF and Henseler, J. (yellow cluster), the methodological guides of structural equation modeling (SEM). Mou, J. functions as a vital bridge, combining the "cultural perception and trust" theories of the green cluster with the "cross-border operation/trade" dynamics of the red cluster through experimental models based on platform design and user experience (UX).

Purple Cluster (Macro-Economic Institutions and Digital Policy School): Positioned on the upper-left perimeter of the map and containing supranational structures such as the European Commission, UNCTAD, OECD, WTO, and World Bank, this cluster appends the macro-economic institutional foundation of the subject—such as multinational trade policies, digital single market regulations, and global value chain (GVC) governance—to the map. This holistic network structure confirms with methodological certainty that cross-cultural e-commerce studies are not limited to static and monotonous consumer behavior examinations; on the contrary, they constitute a mature, interdisciplinary paradigm that has reached methodological maturity (blue/yellow), is supported by macro-policies (purple), and blends cultural codes (green) with operational logistics processes (red).

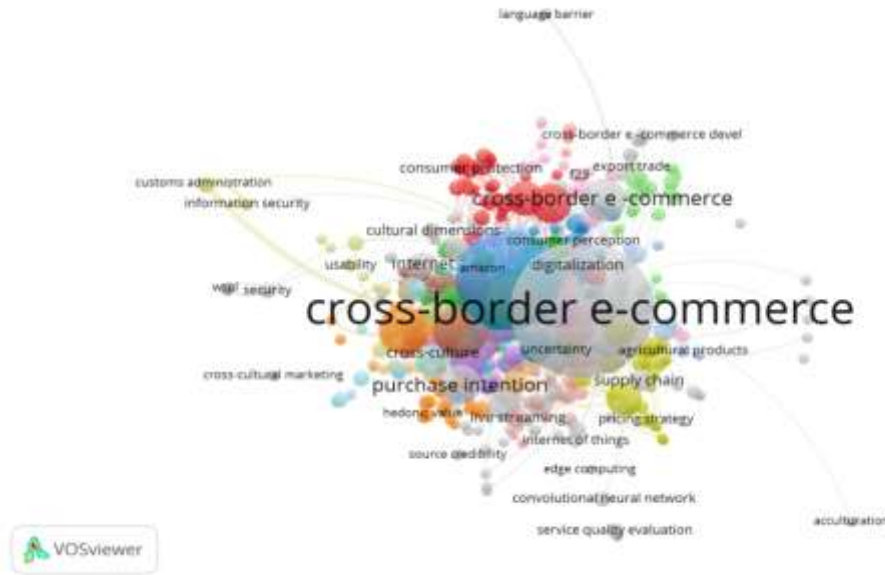


Figure 7: Keyword Co-Occurrence Network Analysis

Figure 7, the keyword co-occurrence analysis conducted on the axis of cross-cultural e-commerce literature, schematically reveals the empirical micro-structure of the field, the operational sub-topics it focuses on, and its current trends. The concept of "cross-border e-commerce," which occupies the center of gravity of the map with the largest node volume, assumes the role of the main core connecting all sub-divisions of the literature. The colored clusters forming around this dominant center confirm the multi-dimensional structure of the field with empirical clarity: Blue and Purple Clusters: Spreading to the bottom and mid-left areas of the map, this cluster includes concepts such as "purchase intention," "cultural dimensions," "cross-culture," "uncertainty," and "consumer perception." This structure represents the classical consumer behavior school, which examines the risk perceptions of consumers engaged in cross-border shopping—stemming from their cultural backgrounds (particularly levels of uncertainty avoidance)—and how these perceptions are converted into purchase decisions.

Red Cluster: Clustered in the upper-middle section, this field consists of terms such as "internet," "amazon," "consumer protection," and "language barrier." This group addresses the intermediary role of global marketplaces (Amazon, etc.) in cross-cultural trade, language barriers in logistics processes, and cross-border legal/infrastructural trust concerns at an operational level. Green and Yellow Clusters: This dynamic cluster, spreading to the right and bottom-right perimeters of the map, contains advanced technological concepts such as "digitalization," "supply chain," and "export trade," along with "internet of things," "edge computing," and "convolutional neural network." The presence of these technical concepts in the green and yellow clusters, alongside operational elements appearing at the bottom such as "live streaming," is a highly critical finding regarding 2026 macro-trends. This methodologically proves that cross-cultural e-commerce literature does not

remain limited to static cultural survey studies; rather, it is evolving into a very strong and innovative paradigm toward AI-based consumer analytics, cross-border digital customs, smart supply chains, and culturally adapted, next-generation digital marketing channels (live-stream commerce, etc.).



Figure 8: Thematic Map Analysis of Cross-Cultural E-Commerce

The strategic diagram generated via the R-Bibliometrix platform based on Centrality and Density parameters (See Figure 8) strikingly reveals the conceptual maturity and thematic orientations of the cross-cultural e-commerce literature. An examination of the map shows a clear structural distribution where concepts are positioned at the center and corners, unlike traditional two-dimensional matrices, illustrating the transitional phases of the field. **Motor Themes (Top-Right Quadrant):** The blue cluster containing "e-commerce," "trust," and "model" constitutes the unquestionable motor themes of the field. Possessing both high centrality and high density, this cluster confirms that trust building lies at the core of the decision to engage in cross-border digital shopping across different cultural ecosystems and that empirical modeling in this regard is the main driving force of the literature.

Declining/Emerging Themes (Bottom-Left Quadrant): The green cluster comprising "adoption," "social media," and "information technology" borders the declining themes. Although technology acceptance (TAM models) and the initial impacts of social media were studied extensively in early e-commerce research, these theoretical approaches have lost their novelty and reached saturation regarding 2026 macro-dynamics, thus receding into the background. **The Strategic Keystone (The Intersection Center):** The large red cluster, which encompasses "cross-border e-commerce," "impact," and "performance" and is positioned right at the intersection center of all quadrants, represents a critical finding as it signals a turning point for the field. While the direct impact of cross-border e-commerce on macro-economic commercial performance and firm export capacity is approaching saturation within the traditional framework (at a basic/static level), it simultaneously represents the dynamic face of the field being rediscovered through new models (MASEM, deep learning, etc.) due to digitalization, smart customs processes, and restructuring in global value chains. This thematic map methodologically proves that cross-cultural e-commerce studies have transcended the mere perception of web design or social media usage and have evolved into a macro-research paradigm focused on cross-border trust and global performance.

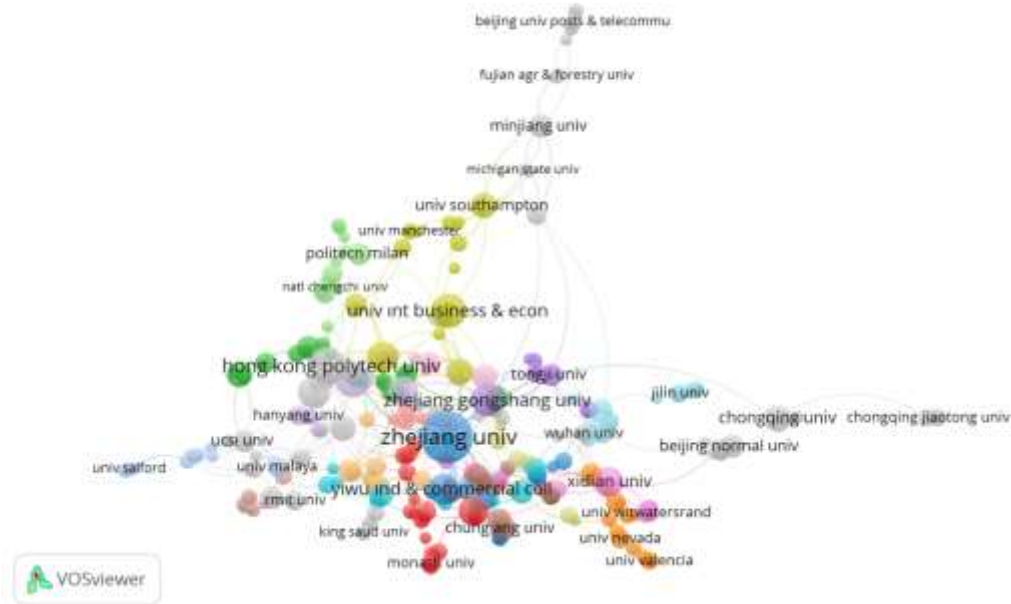


Figure 9: Inter-University Collaboration Network Analysis in the Field of Cross-Cultural E-Commerce

Figure 9, the inter-university collaboration network analysis conducted to reveal institutional partnerships and knowledge production centers in the cross-cultural e-commerce literature, clearly maps the global academic ecosystem. While the node sizes in the network map represent the total publication volume and scientific weight of the respective universities in the field, the thickness of the links between the nodes indicates the frequency of joint institutional projects and co-authored articles. At first glance, it is evident that the center of gravity of global knowledge production rises upon dynamic partnership networks between Asia (particularly China) and leading research institutions in the Western world. The strategic clusters and institutional leaders emerging in the network topology are described as follows: Blue Cluster: Positioned at the very heart of the network with the largest node volume, Zhejiang University is the most productive and empirical leading institution in the cross-cultural e-commerce literature on a global scale. Located in one of China's digital trade and technology capitals, this university plays a keystone role in the theorization of cross-border e-commerce processes. The thick blue link it has established with Yiwu Industrial & Commercial College, located just below it, proves that field applications and commercial data from the Yiwu region—the world's largest wholesale e-commerce logistics hub—are directly transformed into academic empirical models.

Purple and Light Blue Cluster: Institutions such as Zhejiang Gongshang University, Tongji University, and Wuhan University, located on the periphery of the blue core, expand the empirical depth of the Asian school by focusing on digitalization and e-commerce logistics econometrics. Yellow and Green Cluster: The yellow cluster dominating the upper-middle area of the map includes global finance and business authorities such as the University of International Business and Economics (UIBE), Hong Kong Polytechnic University, and Politecnico di Milano. This structure represents the international collaboration axis examining the macroeconomic effects of cross-border e-commerce, customs regimes, and platform governance in Europe-Asia trade corridors. Red Cluster: Institutions from diverse geographies, such as Chung-Ang University (South Korea), Monash University (Australia), and King Saud University (Saudi Arabia), come together in the red nodes positioned at the bottom. This cluster serves as a critical data collection network for testing cross-cultural consumer behaviors through multinational and comparative empirical analyses.

Gray and Scattered Clusters on the Periphery: Vertical structures extending at the very top of the map, such as Beijing University of Posts and Telecommunications and Minjiang University, along with the Chongqing University line on the right, demonstrate niche academic cells working on more technical sub-dimensions of the subject, such as telecommunications infrastructure and regional development. When analyzed holistically, this institutional collaboration network reveals, with indisputable clarity, that the cross-cultural e-commerce literature is not local or fragmented. On the contrary, it possesses a highly integrated, multinational, and institutional character, anchored around massive production centers like Zhejiang University and directly steering global trade and technology policies.

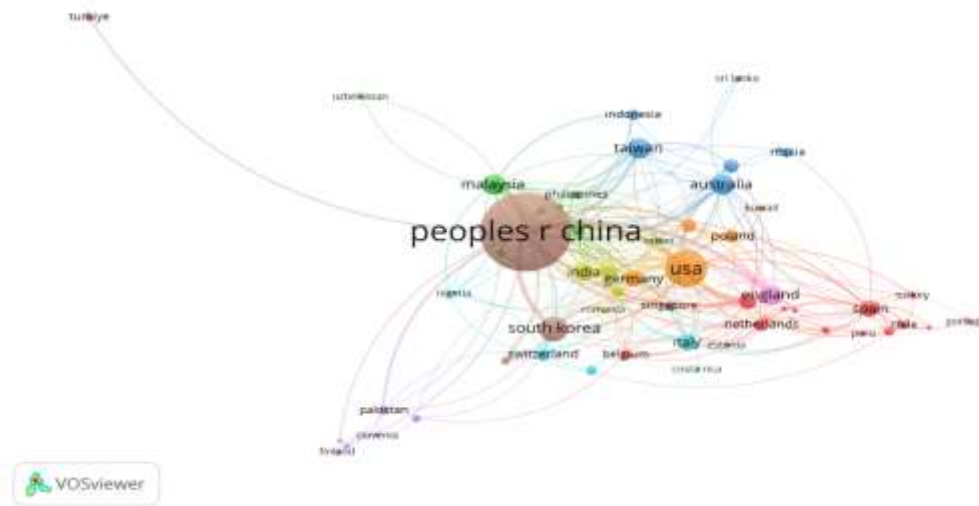


Figure 10: Inter-Country Collaboration Network Analysis in Cross-Cultural E-Commerce and Sustainability

When Figure 10 is examined, the inter-country collaboration network analysis, conducted to reveal macro-level scientific partnerships, global knowledge flow, and geographical schools, clearly maps the geopolitical and academic landscape of the literature. While the node sizes in the map reflect the total publication production volume of the countries in the field, the thickness and density of the links between the nodes represent the structural integration established by countries through joint projects, funding, and bilateral articles. The network morphology before us methodologically proves that the global green digital trade and e-commerce logistics literature is shaped by two main superpowers and the regional actors clustered around them: Brown Core (China): Positioned as the massive node with the largest volume in the left-center area of the network, China is by far the most dominant and prolific leader in the literature. This overwhelming dominance stems from the macro-economic priority China places on cross-border e-commerce infrastructure, smart customs systems, and green digital corridors. The thick links China has with Taiwan, Malaysia, and South Korea confirm the establishment of an integrated empirical research bloc in East and Southeast Asia.

Orange and Red Clusters (USA and UK): Positioned on the right side of the network, the USA and the UK are the other main actors directing the theoretical infrastructure, consumer ethics, and global marketing models of the literature. The thick bridge extending between the USA and China shows that, despite their commercial rivalry, the two countries maintain a very strong shared data and knowledge exchange at the academic level regarding the cross-border digital economy and Global Value Chains (GVC). The European network, led by the UK and including countries such as Spain, the Netherlands, and Italy, focuses on institutional dimensions of the subject, such as digital single market regulations, sustainable consumption policies, and Carbon Border Adjustment Mechanisms (CBAM). Yellow and Light Blue Clusters (India and Germany): Located in the lower-middle part

of the map, India and Germany serve as a bridge in the global dissemination of the subject and the adaptation of empirical models to emerging markets.

Turkey's Strategic Position: In the map, Turkey is connected to the China core but is positioned on a relatively independent thin line extending on the upper-left perimeter of the network. This structural finding strategically reveals that the research on cross-cultural e-commerce and sustainability in Turkey is still in its early or developmental stage of integration with the global mainstream (the USA-China axis). However, it also indicates that, thanks to the organic ties established particularly with the Asian school, Turkey holds a high potential for growth and collaboration in cross-border logistics and regional green transformation studies. When evaluated holistically, the inter-country collaboration network definitively confirms that the cross-cultural green e-commerce literature is multinational, directly related to geopolitical dynamics, and serves as an academic reflection of global trade corridors.

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

This study aimed to examine the academic accumulation produced in the field of cross-cultural e-commerce—one of the most dynamic intersection points of globalization and digitalization—over the last twenty-six years (2000–2026) through a comprehensive bibliometric analysis and network visualization approach. The research data set was obtained from the Web of Science (WoS) index, the field's most prestigious and reliable database, using a meticulously structured search strategy. Accordingly, to capture both the conceptual and empirical boundaries of the literature completely, combinations of keywords were scanned at the title, abstract, and keyword (TS) levels using Boolean logical operators (AND/OR), representing the cross-cultural dimension with variations such as "cross-cultur*", "inter-cultur*", "cultural dimension*", and "cultural distance*", and the digital trade dimension with keywords such as "e-commerce," "electronic commerce," "cross-border e-commerce," "sme export*," and "digital trade." The resulting high-quality and refined data set was analyzed by importing it into the R-Bibliometrix and VOSviewer platforms.

The findings demonstrate that the literature has followed a linear development path over the historical process, gaining vertical acceleration particularly since 2018 due to the widespread adoption of mobile commerce and the structural imperatives brought about by the Covid-19 pandemic. Indeed, the literature review confirms that cross-border e-commerce (CBEC) research has shown a vertical increase since 2019, with growth in the Chinese market specifically triggering academic interest (Y. Chen et al., 2022; Giuffrida et al., 2017). According to the results of the life cycle and cumulative growth analysis, it has been confirmed that the annual production rate of the literature reached its mathematical saturation peak as of mid-2026, and the cumulative pool passed the critical 50% threshold to enter a phase of maturity. This clearly demonstrates that examining cross-border digital consumer behavior has ceased to be a niche pursuit and has become a mainstream paradigm sitting at the center of international trade and global marketing literature.

When the co-citation network analysis among authors and local citation findings are evaluated together, it is evident that the intellectual backbone of the field rises upon multi-faceted, interdisciplinary pillars. It can be said that the cross-cultural e-commerce literature maintains a strong balance between the perceptual/behavioral school—which brings together the cultural dimensions theory developed by Hofstede (2001) and the online consumer trust models of McKnight & Chervany (2001)—and the logistics, operational performance, and trade school pioneered by names such as Giuffrida et al. (2017) and Ma et al. (2018) (Gong, 2009; Ma et al., 2018). The methodological bridge between these two vast theoretical pools was established by Mou et al. (2020), one of the most highly cited leading researchers in the field, on the basis of platform interaction and user experience. Furthermore, data suggesting that the multinational trade policies of supranational institutions such as the European Commission, OECD, and WTO shape the academic agenda find their place in macro-scale evaluations within the literature (Goldman et al., 2021; Hwang et al., 2006).

Findings from the thematic map and keyword co-occurrence networks schematize the mechanisms for overcoming consumers' mental barriers in cross-border trade. The emergence of the concepts of "e-commerce," "trust," and "model" as the unquestionable motor themes of the field in the strategic diagram indicates that trust building lies at the foundation of the decision to engage in cross-border digital shopping across different cultural ecosystems and that empirical modeling toward this is the main driving force of the literature. Empirical evidence shows that perceptions of honesty and competence in particular directly shape purchase intention in trust building; however, the strength of this effect changes with the influence of national culture (e.g., uncertainty avoidance) (Gefen, 2006; Rosillo-Díaz et al., 2020; Tikhomirova et al., 2021). Conversely, the shift of the popular topics of early studies—technology acceptance, social media, and information technologies—into the area of declining themes methodologically proves that infrastructural acceptances have ceased to be research questions and have transformed into standard operational inputs (Gong, 2009; Liao et al., 2008).

Institutional and geographical collaboration networks reveal how the global route of knowledge overlaps precisely with geopolitical realities. The organic tie established by the Chinese institutional school, led by Zhejiang University, with the massive e-commerce field in the Yiwu region shows that knowledge is directly nourished by production and logistics practices (Y. Chen et al., 2022). At the macro level, the intense collaboration axis between China and the USA proves that, despite commercial tensions between the two superpowers, an academic knowledge partnership in the field of the digital economy is inevitable (Y. Chen et al., 2022). Turkey's position in this global network is on a strategic line connected to the Chinese core but extending on the periphery. Indeed, comparative studies show that Turkish consumers value elements such as information accuracy, transaction speed, and price bargaining more than their American peers; these unique characteristics constitute critical niches for local marketing strategies (Hwang et al., 2006; Lightner et al., 2002).

The most current word trends analyzed with a 2026 perspective show that the cross-cultural e-commerce literature is on the verge of a new evolution where it is blending with Industry 5.0 and advanced artificial intelligence technologies, moving away from static survey studies. Concepts found in the word network, such as convolutional neural networks (CNN), the internet of things (IoT), and live-stream e-commerce, confirm that next-generation cross-border marketing is rising through data-driven transparency (Jin, 2024; Zhengjun et al., 2025). Especially as emphasized by Zhengjun et al. (2025), the power of live-stream content to humanize the brand and provide real-time interaction has become a fundamental tool in reducing the psychological distance created by traditional web designs. Consumers' suspicions and risk perceptions stemming from different cultural codes are now managed through dynamic technological solutions such as AI-supported instant localization and smart logistics traceability (Xiao et al., 2019).

For researchers who will conduct studies in this field in the future, this bibliometric mapping offers important strategic and methodological routes. Due to the fact that cumulative growth models point to volumetric saturation, it is suggested that future studies focus on qualitative depth and synthesis rather than repeatedly testing traditional consumer acceptance models in different countries. For empirical results have proven that the relationship between trust and intention differs even according to the platform's origin culture (Tikhomirova et al., 2021). Researchers can bring together the findings that are scattered throughout the literature by using advanced quantitative methods such as meta-analytic structural equation modeling; they can structurally test the moderator effects of cultural distances and geographical regulations on a global scale.

REFERENCES

- Chai, L., & Pavlou, P. A. (2004). From “ancient” to “modern”: A cross-cultural investigation of electronic commerce adoption in Greece and the United States. *Journal of Enterprise Information Management*, 17(6), 416–423. <https://doi.org/10.1108/17410390410566706>
- Chen, X., & Kim, H.-M. (2021). Antecedents and consequence of the consumer’s psychic distance in cross-border e-commerce. *International Trade, Politics and Development*, 5(2), 156–173. <https://doi.org/10.1108/itpd-08-2021-0008>
- Chen, Y., Li, M., Song, J., Ma, X., Jiang, Y., Wu, S., & Chen, G. L. (2022). A study of cross-border E-commerce research trends: Based on knowledge mapping and literature analysis. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1009216>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- Gefen, D., & H. T. H. (2006). On the need to include national culture as a central issue in e-commerce trust beliefs. *Journal of Global Information Management (JGIM)*, 4(14), 1–30. <http://www.idea-group.com>
- Giuffrida, M., Mangiaracina, R., Perego, A., & Tumino, A. (2017). Cross-border B2C e-commerce to Greater China and the role of logistics: a literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(9), 772–795.
- Goldman, S. P. K., van Herk, H., Verhagen, T., & Weltevreden, J. W. J. (2021). Strategic orientations and digital marketing tactics in cross-border e-commerce: Comparing developed and emerging markets. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 39(4), 350–371. <https://doi.org/10.1177/0266242620962658>
- Gong, W. (2009). National culture and global diffusion of business-to-consumer e-commerce. *Cross Cultural Management: An International Journal*, 16(1), 83–101. <https://doi.org/10.1108/13527600910930059>
- Hassan, W., & Duarte, A. E. (2024). Bibliometric analysis: A few suggestions. In *Current Problems in Cardiology* (Vol. 49, Number 8). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2024.102640>
- Hofstede, G. (2001). *Culture’s consequences: Comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations*. Sage publications.
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*, revised and expanded 3rd ed. Berkshire: McGraw-Hill.
- Huang, S. L., & Chang, Y. C. (2019). Cross-border e-commerce: consumers’ intention to shop on foreign websites. *Internet Research*, 29(6), 1256–1279. <https://doi.org/10.1108/INTR-11-2017-0428>
- Hwang, W., Jung, H. S., & Salvendy, G. (2006). Internationalisation of e-commerce: A comparison of online shopping preferences among Korean, Turkish and US populations. *Behaviour and Information Technology*, 25(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/01449290512331335636>
- Jin, Y. (2024). An Empirical Study on the Development Environment of Cross-border E-commerce Logistics in the Global Trade Context: Exploring the Digital Marketing Landscape. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(S4), 290–305. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.S4.290-305>

- Kassim, N., & Asiah Abdullah, nor. (2010). The effect of perceived service quality dimensions on customer satisfaction, trust, and loyalty in e-commerce settings: A cross cultural analysis. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 22(3), 351–371. <https://doi.org/10.1108/13555851011062269>
- Kim, T. Y., Dekker, R., & Heij, C. (2017). Cross-border electronic commerce: Distance effects and express delivery in European union markets. *International Journal of Electronic Commerce*, 21(2), 184–218. <https://doi.org/10.1080/10864415.2016.1234283>
- Liao, H., Proctor, R. W., & Salvendy, G. (2008). Content preparation for cross-cultural e-commerce: A review and a model. *Behaviour and Information Technology*, 27(1), 43–61. <https://doi.org/10.1080/01449290601088424>
- Lightner, N. J., Yenisey, M. M., Ozok, A. A., & Salvendy, G. (2002). Shopping behaviour and preferences in e-commerce of Turkish and American university students: Implications from cross-cultural design. *Behaviour and Information Technology*, 21(6), 373–385. <https://doi.org/10.1080/0144929021000071316>
- Liu, A., Osewe, M., Shi, Y., Zhen, X., & Wu, Y. (2021). Cross-border e-commerce development and challenges in China: A systematic literature review. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(1), 69–88.
- Ma, S., Chai, Y., & Zhang, H. (2018). Rise of Cross-border E-commerce Exports in China. *China & World Economy*, 26(3), 63–87.
- Manyika, J., Lund, S., DC, W., & Bughin, J. (2016). *Digital globalization: The new era of global flows*.
- McKnight, D. H., & Chervany, N. L. (2001). What trust means in e-commerce customer relationships: An interdisciplinary conceptual typology. *International Journal of Electronic Commerce*, 6(2), 35–59.
- Mou, J., Cohen, J., Dou, Y., & Zhang, B. (2020). International buyers' repurchase intentions in a Chinese cross-border e-commerce platform: A valence framework perspective. *Internet Research*, 30(2), 403–437. <https://doi.org/10.1108/INTR-06-2018-0259>
- Passas, I. (2024). Bibliometric Analysis: The Main Steps. *Encyclopedia*, 4(2), 0. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>
- Pratesi, F., Hu, L., Rialti, R., Zollo, L., & Faraoni, M. (2021). Cultural dimensions in online purchase behavior: Evidence from a cross-cultural study. *Italian Journal of Marketing*, 2021(3), 227–247. <https://doi.org/10.1007/s43039-021-00022-z>
- Rosillo-Díaz, E., Blanco-Encomienda, F. J., & Crespo-Almendros, E. (2020). A cross-cultural analysis of perceived product quality, perceived risk and purchase intention in e-commerce platforms. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), 139–160. <https://doi.org/10.1108/JEIM-06-2019-0150>
- Sah, A. K., Hong, Y. M., & Huang, K. C. (2025). Enhancing Brand Value Through Circular Economy Service Quality: The Mediating Roles of Customer Satisfaction, Brand Image, and Customer Loyalty. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/su17031332>
- Sheth, J. (2020). Impact of Covid-19 on consumer behavior: Will the old habits return or die? *Journal of Business Research*, 117, 280–283.
- Sinkovics, R. R., Yamin, M., & Hossinger, M. (2007). Cultural adaptation in cross border e-commerce: a study of german companies. In *Journal of Electronic Commerce Research* (Vol. 8).

- Sullivan, Y. W., & Kim, D. J. (2018). Assessing the effects of consumers' product evaluations and trust on repurchase intention in e-commerce environments. *International Journal of Information Management*, 39, 199–219.
- Tikhomirova, A., Huang, J., Chuanmin, S., Khayyam, M., Ali, H., & Khramchenko, D. S. (2021). How Culture and Trustworthiness Interact in Different E-Commerce Contexts: A Comparative Analysis of Consumers' Intention to Purchase on Platforms of Different Origins. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.746467>
- Xiao, L., Guo, F., Yu, F., & Liu, S. (2019). The effects of online shopping context cues on consumers' purchase intention for cross-border E-Commerce sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102777>
- Yoon, C. (2009). The effects of national culture values on consumer acceptance of e-commerce: Online shoppers in China. *Information and Management*, 46(5), 294–301. <https://doi.org/10.1016/j.im.2009.06.001>
- Zhengjun, C., Qiuyang, H., Kui, L., Fangfang, W., & Yuan, Y. (2025). Exploring Cross-cultural Marketing Strategies of Fuliang Tea in E-commerce. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 43(11), 157–166. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2025/v43i112851>

ETHICAL ISSUES IN ALGORITHMIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT**Assoc. Prof. Dr., Mehtap ÖZTÜRK ¹ / Assoc. Prof. Dr., Resul ÖZTÜRK ² / Ph.D. Zeynep Kızılkın ³**¹ Selcuk University, mehtapfindik@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8513-9842² Selcuk University, resul.ozturk@selcuk.edu.tr, 0000-0003-1493-7315³ Selcuk University, 244172001004@ogr.selcuk.edu.tr, 0000-0002-9413-6253**Abstract**

Algorithmic human resource management is an emerging research area in the management literature, referring to the use of artificial intelligence and algorithmic decision-making systems in HRM processes, including recruitment, candidate screening, performance evaluation, employee monitoring, training and development, and talent management. In the early stages of the literature, AI-supported HRM practices were mainly discussed in terms of efficiency, automation, cost advantage, and data-driven decision-making. In contrast, recent studies have increasingly addressed the concept in relation to algorithmic bias, discrimination, privacy, transparency, accountability, employee surveillance, human oversight, and ethical governance. This study presents a bibliometric and thematic mapping of the literature on ethical issues in algorithmic human resource management based on publications retrieved from the Web of Science Core Collection database. The initial search yielded 260 records; after limiting the document type to “article,” 182 studies remained, and after applying the language filter “English,” the final dataset consisted of 176 articles. The analyses were conducted in RStudio using the bibliometrix/Biblioshiny package. Through performance analysis, citation analysis, co-citation mapping, keyword co-occurrence analysis, thematic mapping, and trend topic analysis, the intellectual structure and conceptual evolution of the field were examined. The findings indicate that the algorithmic HRM literature has expanded from a focus on technological efficiency and digitalization toward ethics, justice, privacy, transparency, and employee rights. By integrating fragmented research streams, this study explains how algorithmic HRM has evolved from a technical management tool into an ethical and human-centered research field.

Keywords: Algorithmic HRM, Artificial Intelligence, Ethics, Algorithmic Bias, Bibliometric Analysis

ALGORİTMİK İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNDE ETİK SORUNLAR

Özet

Algoritmik insan kaynakları yönetimi, yapay zekâ ve algoritmik karar verme sistemlerinin işe alım, aday tarama, performans değerlendirme, çalışan izleme, eğitim-geliştirme ve yetenek yönetimi gibi İKY süreçlerinde kullanılmasıyla ortaya çıkan ve yönetim literatüründe giderek önem kazanan bir araştırma alanıdır. Literatürün erken döneminde yapay zekâ destekli İKY uygulamaları daha çok verimlilik, otomasyon, maliyet avantajı ve veri temelli karar alma üzerinden ele alınırken, güncel araştırmalar kavramı algoritmik önyargı, ayrımcılık, mahremiyet, şeffaflık, hesap verebilirlik, çalışan gözetimi, insan denetimi ve etik yönetim bağlamında tartışmaktadır. Bu çalışma, Web of Science Core Collection veritabanından elde edilen yayınlar üzerinden algoritmik insan kaynakları yönetiminde etik sorunlara ilişkin literatürün bibliyometrik ve tematik haritalamasını sunmaktadır. İlk tarama sonucunda 260 kayda ulaşılmış; doküman türü “article” olarak sınırlandırıldığında 182 çalışmaya, dil filtresi “English” olarak uygulandığında ise 176 makaleden oluşan nihai veri seti elde edilmiştir. Analizler RStudio ortamında bibliometrix/Biblioshiny paketleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Performans analizi, atıf analizi, ortak atıf haritalaması, anahtar kelime birlikte oluşum analizi, tematik haritalama ve trend konu analizi aracılığıyla alanın entelektüel yapısı ve kavramsal evrimi incelenmiştir. Bulgular, algoritmik İKY literatürünün teknolojik verimlilik ve dijitalleşme odağından etik, adalet, mahremiyet, şeffaflık ve çalışan hakları eksenine doğru genişlediğini göstermektedir. Bu çalışma, dağınık araştırma hatlarını bütünleştirerek algoritmik İKY’nin teknik bir yönetim aracından etik ve insan odaklı bir araştırma alanına nasıl evrildiğini açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Algoritmik İKY, Yapay Zekâ, Etik, Algoritmik Önyargı, Bibliyometrik Analiz

INTRODUCTION

Artificial intelligence and algorithmic decision-making systems are fundamentally transforming the decision-making logic of human resource management. Algorithms are becoming increasingly visible in processes such as recruitment, candidate screening, performance evaluation, employee monitoring, shift scheduling, compensation, promotion, and talent management. Algorithmic human resource management is defined as the support or automation of HR-related decisions through digital data, artificial intelligence systems, and software algorithms (Meijerink et al., 2021; Capasso et al., 2024). Unlike traditional human resource information systems, this transformation represents a new form of management that moves from data storage toward decision production. According to Sienkiewicz (2021), algorithmic HRM restructures decision-making processes that were previously the responsibility of human managers in areas such as recruitment, performance management, compensation, and employee relations, using algorithmic systems. Algorithmic HRM practices provide organizations with speed, cost advantages, standardized decision-making, and data-driven predictive capabilities. AI-supported systems can enhance the decision-making capacity of HR professionals in areas such as resume screening, candidate matching, prediction of employee turnover risk, performance analytics, and personalized career recommendations (Bankins, 2021; Bangura et al., 2025). However, the fact that these systems directly affect employees' right to work, career opportunities, privacy, and sense of belonging within the organization makes algorithmic HRM an ethically critical research area. Bankins (2021) emphasizes that the use of artificial intelligence in the HRM context should not be limited to the question of which HR functions it can be applied to; rather, it should be evaluated together with data sensitivity, task sensitivity, human oversight, and ethical suitability criteria.

The most widely discussed ethical issues in the algorithmic HRM literature are algorithmic bias, discrimination, lack of transparency, explainability problems, privacy violations, employee surveillance, accountability gaps, and the weakening of human oversight. Since algorithms are trained on historical data, they may transfer inequalities embedded in organizations' previous recruitment, promotion, compensation, or performance evaluation processes into new decision-making processes. Therefore, although algorithmic decisions may appear objective, they can produce discriminatory outcomes based on gender, age, ethnicity, educational background, or career patterns (Köchling & Wehner, 2020; Du, 2024). Capasso et al. (2024) state that algorithmic HRM systems have direct consequences for equality, non-discrimination, privacy, and the right to work. This perspective shows that ethical debates in algorithmic HRM have expanded from organizational efficiency toward employee rights. In recent years, the literature on algorithmic HRM and ethical issues has grown rapidly, forming a fragmented yet rich body of knowledge drawn from studies across disciplines. This situation makes it necessary to systematically examine the intellectual structure, foundational sources, influential authors, conceptual clusters, and the field's trajectory of thematic development. Bibliometric analysis enables the mapping of large-scale academic production using objective, reproducible criteria (Donthu et al., 2021; Passas, 2024). This study aims to examine the development, intellectual structure, and conceptual transformation of the literature on ethical issues in algorithmic human resource management based on publications obtained from the Web of Science Core Collection database. The study seeks to reveal how the algorithmic HRM literature has evolved from a focus on technical automation toward debates on human-centered ethical governance, justice, trust, explainability, and employee rights. Accordingly, the study seeks answers to the following research questions:

RQ1. How has the international literature on ethical issues in algorithmic human resource management evolved in terms of scientific production over the years?

RQ2. Who are the most influential authors, studies, sources, and countries in this research field?

RQ3. Around which intellectual clusters is the co-citation network of the literature on ethical issues in algorithmic HRM structured?

RQ4. What conceptual dimensions of ethical issues in algorithmic HRM are reflected by the prominent keyword clusters in the literature?

RQ5. How is the thematic structure of the literature on ethical issues in algorithmic HRM positioned in terms of motor, basic, niche, and emerging themes?

RQ6. How has the conceptual evolution of the literature shifted from a technical automation focus toward human-centered ethical governance debates?

1. CONCEPTUAL FRAMEWORK

Algorithmic human resource management is a socio-technical form of management that emerges from the use of artificial intelligence, machine learning, big data analytics, and algorithmic computational systems in HR decision-making. These systems can rank candidates, classify employees, predict performance, generate career recommendations, monitor employee behavior, and, in some cases, make decisions directly. Therefore, algorithmic HRM is regarded as a field in which decision authority, managerial responsibility, and the employee–organization relationship are reshaped (Sienkiewicz, 2021; Meijerink et al., 2021). Algorithmic bias and discrimination occupy a central position in the ethical debates surrounding this field. Since algorithms are trained on historical data, unequal decision patterns from the past may be transferred into future HR decisions. This issue becomes particularly visible in recruitment, promotion, performance evaluation, and compensation processes. If certain groups have historically been placed in systematically advantaged or disadvantaged positions, algorithmic models may learn these patterns as indicators of success. Thus, algorithmic bias becomes a structural ethical problem associated with organizational justice, equality, and the right to work, rather than merely a technical model error (Köchling & Wehner, 2020; Capasso et al., 2024). The transparency and explainability of algorithmic decisions are critical to employees' and candidates' perceptions of these systems as fair and legitimate. Since HR decisions directly affect individuals' professional lives, they are expected to be understandable in terms of the data, criteria, and logic used to make them. If it cannot be explained why a candidate was rejected, why an employee received a low performance score, or why an individual was not recommended for promotion, the legitimacy of algorithmic decisions weakens. Bankins (2021) states that the ethical use of artificial intelligence should be considered together with the principles of justice, non-maleficence, autonomy, explainability, and accountability. In this context, explainability becomes one of the essential conditions of employee trust and perceptions of procedural justice. Another ethically controversial aspect of algorithmic HRM concerns privacy and employee surveillance. These systems rely on the collection, processing, and interpretation of large datasets about employees and candidates. The data used are not limited to resumes, performance records, and educational information; they may also include digital behaviors, communication patterns, online activities, video interview data, and information obtained from employee monitoring tools. This data intensity carries the risk of deepening the power asymmetry between employer and employee and turning the employee into a continuously measured, monitored, and classified subject. The AlgorithmWatch report emphasizes that data use in human resource analytics should be managed with employees' well-being, privacy, and rights in mind. The report also identifies algorithmic transparency, accountability, monitoring of employee impact, and stakeholder participation as key ethical requirements (Loi, 2020). Accountability and human oversight are decisive for the ethical sustainability of algorithmic HRM. When an algorithmic decision produces erroneous, discriminatory, or harmful outcomes, responsibility must be clearly assigned. Ambiguity of responsibility among software providers, data scientists, HR specialists, managers, and the organization creates an accountability gap in algorithmic HRM. For this reason, algorithms should be positioned as supportive tools in HR decisions. At the same time, final responsibility should remain with human decision-makers in high-impact decision areas such as recruitment, promotion, performance evaluation, compensation, and dismissal. Bankins's (2021) ethical task–technology fit approach demonstrates that as data and task sensitivity increase, human oversight should also be strengthened.

Within this conceptual framework, ethical issues in algorithmic HRM are addressed at the intersection of technical, organizational, and human-centered levels. The technical level includes data quality, model accuracy, bias testing, and explainability. The organizational level focuses on human oversight, ethical governance, HR policies, employee participation, and accountability mechanisms. The human-centered level includes equality, privacy, the right to work, employee dignity, trust, and organizational justice. This holistic approach relocates the ethical evaluation of algorithmic HRM from an efficiency-oriented technology debate to the axis of human rights, employee experience, and responsible governance.

2. METHOD

To reveal the intellectual framework, conceptual development, and thematic trends in the international literature regarding ethical issues encountered in algorithmic human resources management (AHRM) processes, this study employs bibliometric analysis and literature mapping—quantitative research methods. Bibliometric analysis, which reveals the development trajectory of the scientific literature using objective, systematic criteria, is an ideal method for exploring and mapping vast amounts of scientific data. This technique makes it possible to identify the evolutionary processes of a field and yet-to-be-discovered research gaps (Donthu et al., 2021; Passas, 2024). The research data were obtained from the Web of Science (WoS) Core Collection database, which houses the most prestigious and high-quality academic publications in management and the social sciences. To fully and comprehensively cover the conceptual boundaries of the literature, an advanced search algorithm was developed based on a three-part combination of AI-based HRM technologies, ethical/equity dimensions, and human resources functions. Accordingly, the search query executed in the “Topic (TS)” field of the WoS database is as follows: TS=(("algorithmic human resource management" OR "algorithmic HRM" OR "AI in HRM" OR "artificial intelligence in human resource management" OR "AI-based HRM" OR "algorithmic management" OR "automated decision making" OR "algorithmic decision-making") AND ("ethic*" OR "fairness" OR "bias" OR "discrimination" OR "transparency" OR "accountability" OR "privacy" OR "surveillance" OR "explainability" OR "trust" OR "justice") AND ("human resource*" OR "HRM" OR "personnel management" OR "recruitment" OR "selection" OR "performance appraisal" OR "employee monitoring" OR "talent management")). As a result of running the developed search algorithm, 260 academic records were initially retrieved from the database. To obtain a homogeneous dataset that directly contributes to the research field, has undergone peer review, and possesses empirical and theoretical depth, the data screening process was conducted using a series of filters (see Table 1).

Table 1. Data Set Identification and Filtering Process

Stage	Applied Filter / Process	Number of Remaining Publications	Number of Excluded Publications
Start	The first result of the developed search algorithm on WoS	260	-
Step 1	Document Type Restriction (Select only "Article")	182	78
Step 2	Language Restriction (Only publications written in "English")	176	6
Final Set	Exact Number of Publications Included in the Analysis	176	-

First, the Document type was restricted to “Article” only, and works such as book reviews, conference proceedings, or editors’ notes were excluded, reducing the number of publications to 182. In the second stage, a language filter was applied to “English” to capture common terminology in the international literature, resulting in a final dataset of 176 articles. All details regarding the data set refinement process are summarized chronologically in Table 1.

To analyze and visualize the final dataset of 176 articles, the RStudio—recognized as the global standard for bibliometric research—and the Bibliometrix/Biblioshiny package running within it were used. The analysis

process was conducted using a multidimensional approach designed to reveal both the performance indicators and the in-depth conceptual structure of the literature. Within this framework, performance and citation analyses were conducted to examine annual publication trends within the literature, the most influential journals, prolific authors, and the academic impact of the studies. To reveal the theoretical paradigms underpinning the literature and the intellectual framework forming the foundation of the field, co-citation mapping was performed. At the same time, keyword co-occurrence analysis was used to visualize relational networks between concepts and academic clusters. Finally, using a thematic mapping method based on centrality and density parameters, the literature's driving, niche, core, and emerging themes were classified; additionally, a time-series trend analysis was used to map the dynamics of conceptual evolution from the past to the year 2026. This comprehensive analytical model aims to reveal not only the current state of the algorithmic human resources management literature but also its historical development and future projections.

3. FINDINGS

This study aims to examine the intellectual structure and conceptual evolution of ethical issues in algorithmic human resources management, using a final dataset of 176 articles obtained from the Web of Science database after applying various filters. To this end, a bibliometric performance analysis was first conducted in RStudio to reveal the historical development and temporal trends in academic interest in the field, and the annual volume of scientific output was calculated (see Figure 1).

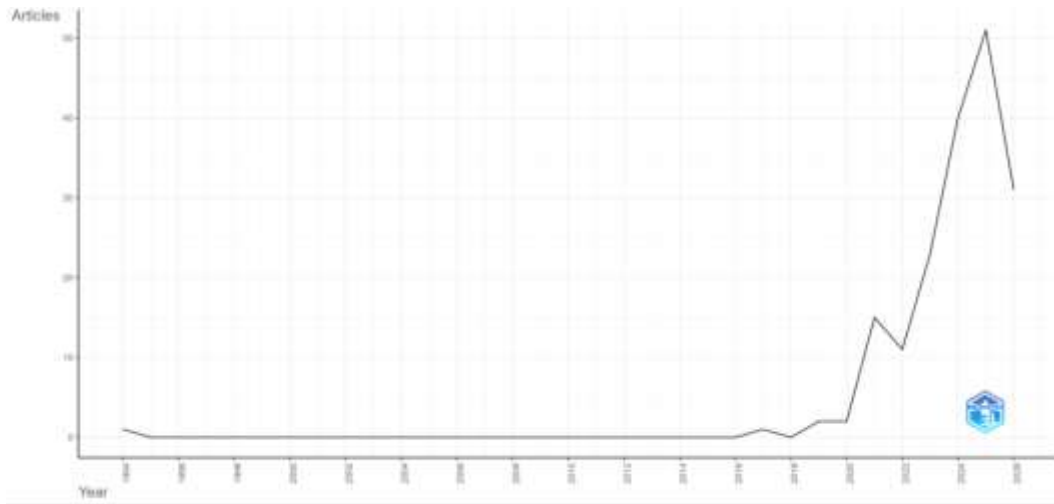


Figure 1. Annual Scientific Production

Upon examining the graph in Figure 1, a clear turning point stands out in the topic's journey through the literature: At the same time, there were almost no publications in the field from 1994 to 2016; academic activity began after 2020, when artificial intelligence was rapidly integrated into business processes. The number of articles, which was only a few in 2020, rose rapidly—particularly as discussions surrounding ethical concerns, transparency, and discrimination related to algorithmic systems intensified—reaching a peak of over 50 publications in 2025. The slight decline in 2026 is due to the year not yet concluding; however, the current momentum clearly indicates that the field is experiencing its most popular and dynamic period to date.

Figure 2 shows the annual average number of citations for the studies in the dataset. According to the analysis results, citation averages, which remained at very low levels between 1994 and 2019, entered a very sharp upward trend starting in 2020. The period during which articles in this field reached their highest level of impact and generated the most buzz in the academic community was 2021 and 2022; the annual average number of citations per article peaked at over 15.



Figure 2. Average Citations per Year

This indicates that pioneering studies laying the groundwork for ethical, non-discriminatory, and transparent algorithmic human resources management were published during this period and were extensively cited by subsequent research. The downward trend visible in the graph starting in 2023 is likely not due to a decline in the quality of the articles, but rather stems from the nature of bibliometric analysis—specifically, the fact that newly published articles (2024–2026) have not yet had sufficient time to accumulate citations (the time lag effect).

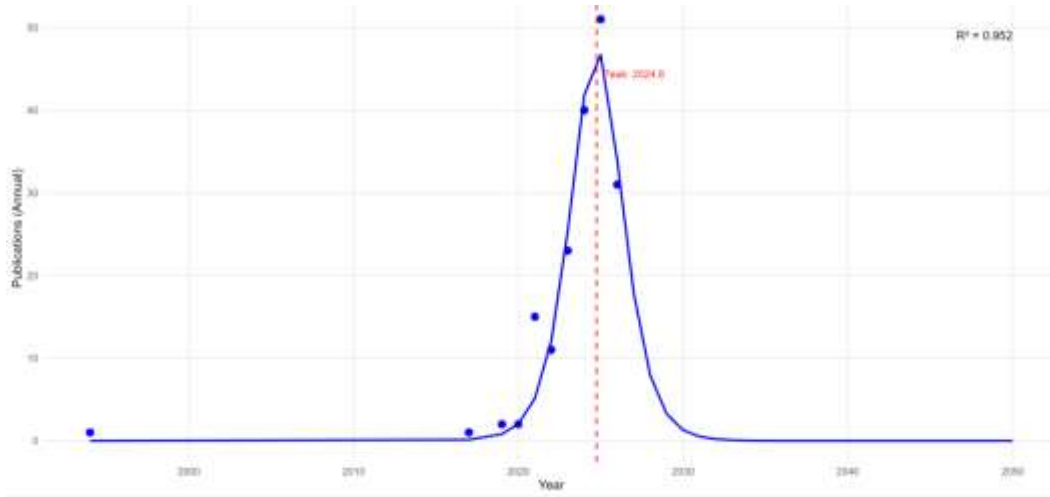


Figure 3. Life Cycle

Figure 3 models the academic life cycle and maturity curve of the algorithmic human resources management literature, based on the dataset's annual publication count. This analysis uses mathematical modeling to estimate the field's growth rate and saturation point. The model's R^2 value of 0.952 demonstrates that the life cycle prediction exhibits an extremely high degree of agreement with the actual distribution of publications in the literature.

Upon examining the graph, it is observed that the field's main acceleration and peak are calculated to occur in the fourth quarter of 2024 (2024.8). After this peak, the model predicts that the literature will gradually reach saturation, with the rate of new publications declining and leveling off by 2030. This finding indicates that the topic of ethical issues in algorithmic HRM is currently at a critical juncture—the most productive and intense

phase of its academic life, during which its theoretical framework is being defined; it demonstrates that the present period is the most opportune time for researchers to make original contributions in this field.

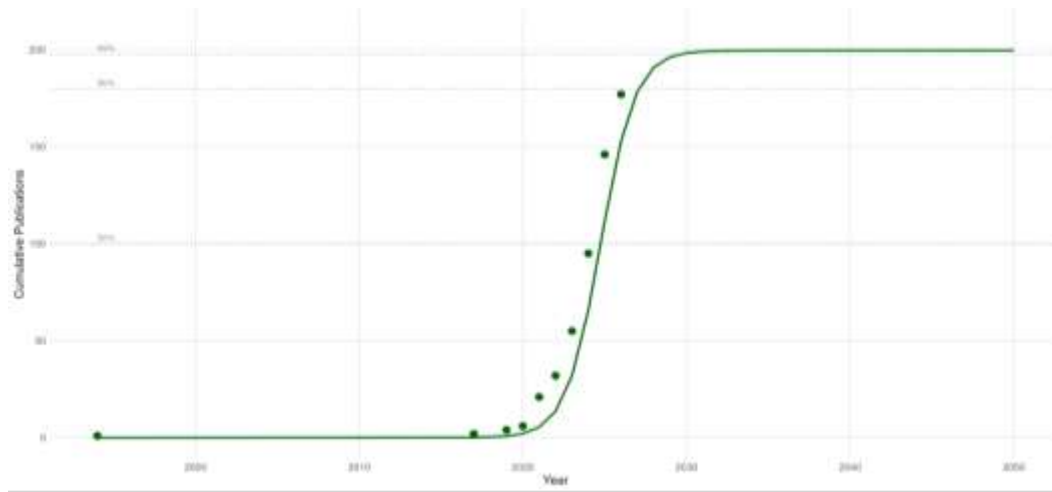


Figure 4. Cumulative Growth Curve

The cumulative growth curve shown in Figure 4 illustrates how the literature on algorithmic human resources management has accumulated over time and the total volume it has reached. The points on the curve reveal that the total number of publications has risen with vertical momentum since 2020, and that the body of knowledge in the literature is rapidly approaching critical mass. The 50%, 90%, and 99% threshold lines in the graph mark the developmental stages of the literature. Current data show that a large portion of the 176-article dataset was incorporated into the system between 2020 and 2026, and that the curve is now rapidly climbing toward the 90% saturation threshold. This cumulative increase is a strong indicator that the field has moved beyond the initial or exploratory phase and entered a maturation phase in which its theoretical and practical foundations are well established.

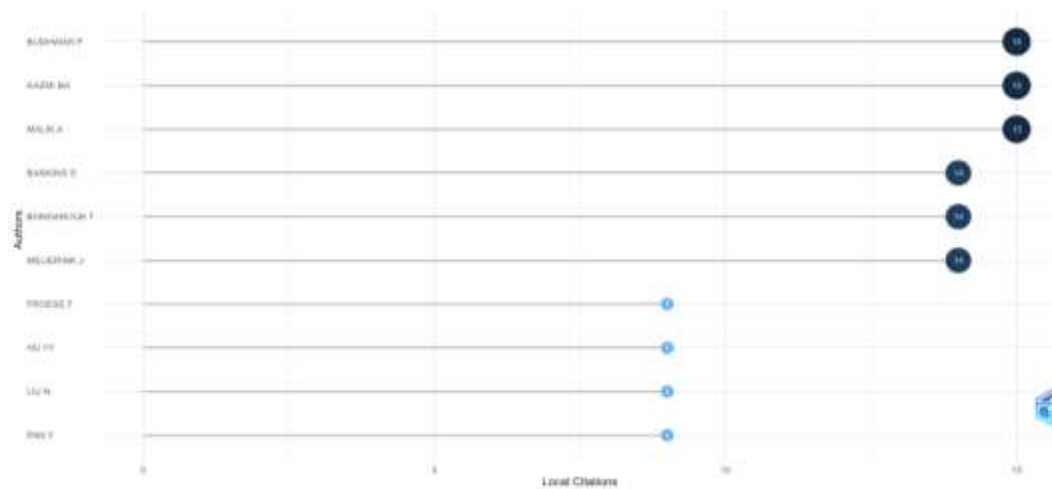


Figure 5. Most Local Cited Authors

Figure 5 identifies the most influential and pioneering researchers in the algorithmic human resources management literature by analyzing the citations (in-citation) that articles in the dataset exchange among themselves. Accordingly, the authors with the most local citations—Budhwar P., Kazmi B.A., and Malik A.—each received 15 local citations and rank first as the most influential authors shaping the field’s intellectual

foundation. They are followed by Banks S., Bondarouk T., and Meijerink J., each with 14 local citations. The high number of local citations indicates that these authors' works are regarded as reference points on issues such as ethical concerns, transparency, and employee monitoring within the scope of algorithmic HRM. In particular, the articles by the authors at the top of the list can be considered the foundational literature most frequently cited by other researchers in the field when establishing theoretical frameworks and guiding the ethical and human-centered transformation of the subject.

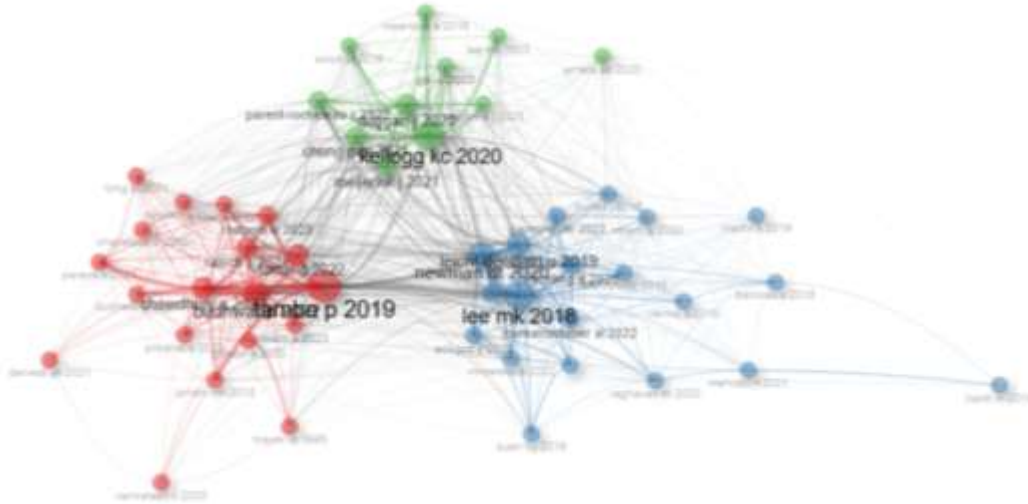


Figure 6. Co-Citation Network

The co-citation network map shown in Figure 6 visualizes the relationships among studies cited together in the articles' references, thereby revealing the intellectual roots and theoretical foundations of algorithmic human resources management from an ethical perspective. This map shows that the literature consists of three main clusters focusing on similar topics. The size of the nodes in the network represents the citation strength of the respective studies, while the thickness of the lines indicates how frequently these studies are cited together. Looking at the red cluster, it can be said that authors such as Tambe et al. (2019) and Budhwar et al. (2023) represent foundational studies that outline the managerial dimension and initial strategic framework of AI integration into human resources.

The Green Cluster, centered on the studies by Kellogg et al. (2020) and Duggan et al. (2020), establishes the theoretical foundation for topics such as algorithmic management in the workplace, employees' experiences of these processes, and algorithmic control mechanisms. The Blue Cluster, dominated by authors such as Lee (2018), Newman et al. (2020), and Leicht-Deobald et al. (2022), represents the core of this study, focusing on the fundamental ethics-oriented literature concerning the fairness of algorithmic decisions, ethical governance, transparency, and how employees perceive AI decisions.

The trend topic analysis graph in Figure 7 illustrates the conceptual evolution of the algorithmic human resources management literature by showing the frequency and usage ranges of keywords across articles in the dataset over time. In this graph, the horizontal lines represent the time periods during which concepts were discussed in the literature. At the same time, the sizes of the circles indicate how frequently these concepts were used. When the graph is examined chronologically, the shift in the field's focus is clearly observed: During the 2020–2022 period, concepts such as “classification” and “recruitment” were at the forefront in the literature's early stages. This indicates that algorithms were initially viewed as technical tools that automated operational processes such as candidate screening and hiring. Between 2023 and 2024, concepts such as “algorithms,” “management,”

“technology,” and “artificial intelligence”—which reached the highest frequency—became dominant. This phase signifies the widespread integration of technology into HR processes and the discussion of its managerial implications.

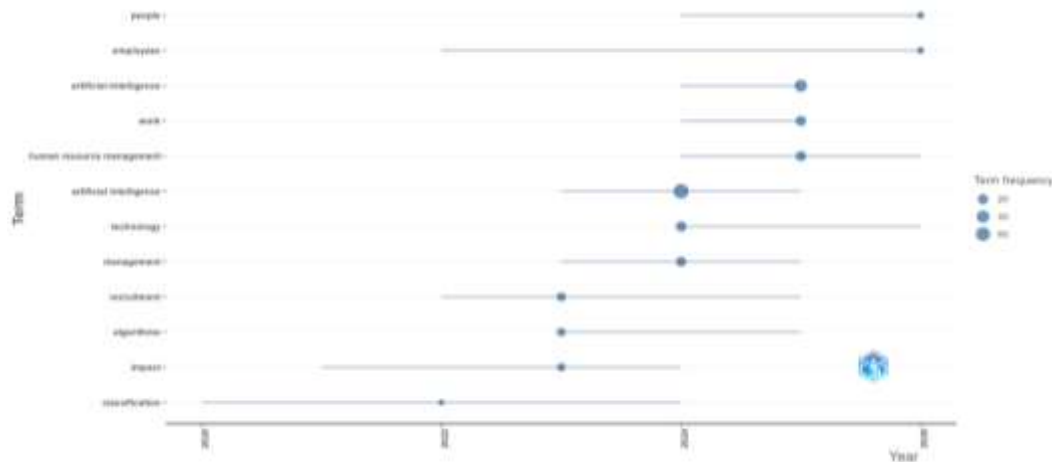


Figure 7. Trend Topics

By the 2025–2026 period, the most recent phase, the concepts of “employees” and “people” have reached their peak, with their trends extending through 2026. This finding directly supports the central hypothesis of this study; it can be said that the literature has shifted toward a human-centered phase that focuses not so much on the technical capabilities of artificial intelligence, but rather on the “human” element directly affected by these systems—the employee experience, the impact of algorithmic decisions on employees, and, consequently, ethical issues.

The word cloud in Figure 8 visualizes the most frequently used keywords in the literature on algorithmic HRM, highlighting the core concepts at its center and their relative importance. When examining this visual, the size of a word directly represents its frequency of use in the literature.



Figure 8. Word Cloud

Upon examining the graph, it is evident that, as expected, the center of the cloud is dominated by the concepts “artificial intelligence,” “artificial-intelligence,” “human resource management,” and “algorithmic management,”

which are represented by the largest sizes. The other concepts forming around this core directly corroborate the ethical and human-centered issues addressed in this study: Ethics and justice dimension: The prominent presence of terms such as “discrimination,” “fairness,” “bias,” “algorithmic bias,” “procedural justice,” and “organizational justice” indicates that issues of bias and injustice in algorithmic decision-making are among the hottest topics of debate in the literature.

Trust and transparency dimension: Concepts such as “trust,” “transparency,” and “ethics” highlight the managerial and ethical requirements for AI systems to gain employee acceptance and legitimacy. Functional dimension: In addition, terms such as “work,” “recruitment,” “automation,” and “machine learning” reflect the operational contexts in which these ethical debates are primarily conducted. These findings visually demonstrate that the literature is clustered heavily around ethical accountability and human rights rather than a technical narrative of automation.

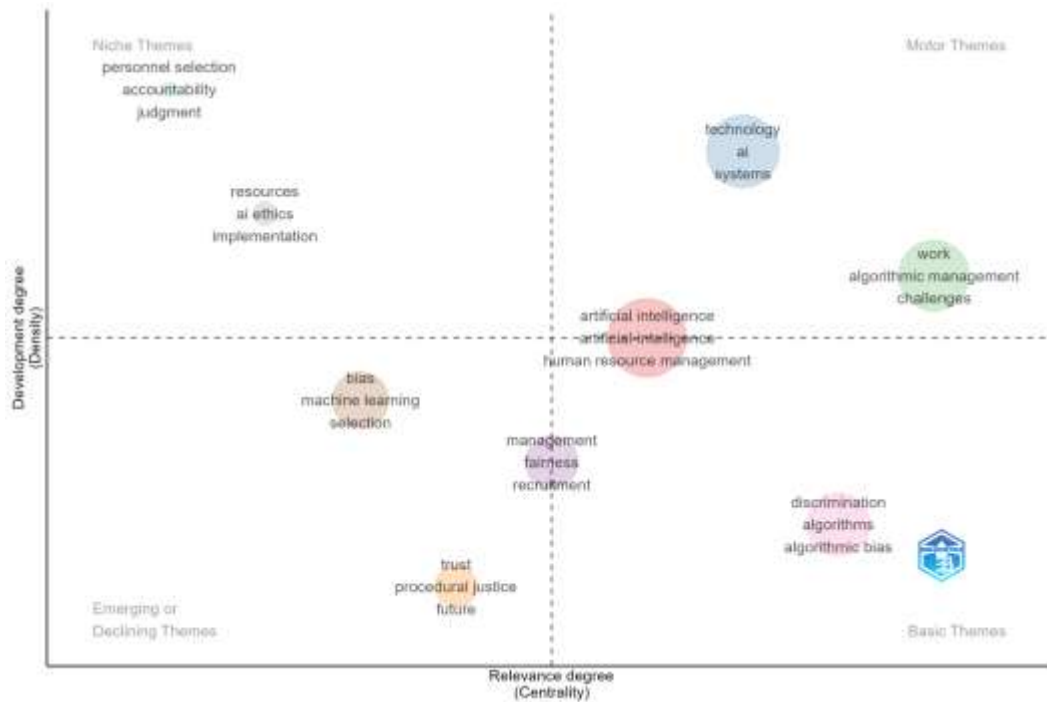


Figure 9. Thematic Map

The thematic map in Figure 9 classifies concepts in the literature on algorithmic human resources management into four quadrants along the Centrality and Density axes. This graph strategically illustrates the positioning of algorithmic human resources and ethical issues—the subject of this study—within the literature. Upon examining the graph, the “Motor Themes” section—which features both high density and high centrality—includes the clusters “technology, AI, systems,” and “work, algorithmic management, challenges.” These concepts can be described as powerful themes that drive the literature forward; they are well-structured in their own right and form the backbone of the field.

Among the core themes in this quarter—which is highly centralized but still in the process of completing its internal development—the cluster of “discrimination, algorithms, and algorithmic bias” stands out. This finding indicates that ethical issues such as algorithmic bias and discrimination have undoubtedly become indispensable, universally accepted cornerstones in the literature. However, they still require in-depth research and theoretical grounding. Furthermore, the main body of the field—located near the centerline (artificial intelligence, human resource management)—is seen as the driving force behind this area. The “Niche Themes” quadrant, which

exhibits a high degree of development within itself but has a weak connection to the field as a whole, includes the clusters “personnel selection, accountability, judgment,” and “resources, AI ethics, implementation.” The presence of concepts such as AI ethics and accountability in this quadrant suggests that the theoretical/philosophical dimension of ethical principles—or specific applications like personnel selection—is confined to certain specialized areas in the literature and needs to be fully integrated into the broader field. Looking at the “Emerging or Declining Themes,” this area—which exhibits low centrality and density—contains the clusters “bias, machine learning, selection,” and “trust, procedural justice, future.” The presence of themes such as procedural justice and trust in this region demonstrates that these represent very new, future-oriented research lines that are just beginning to emerge in the literature.

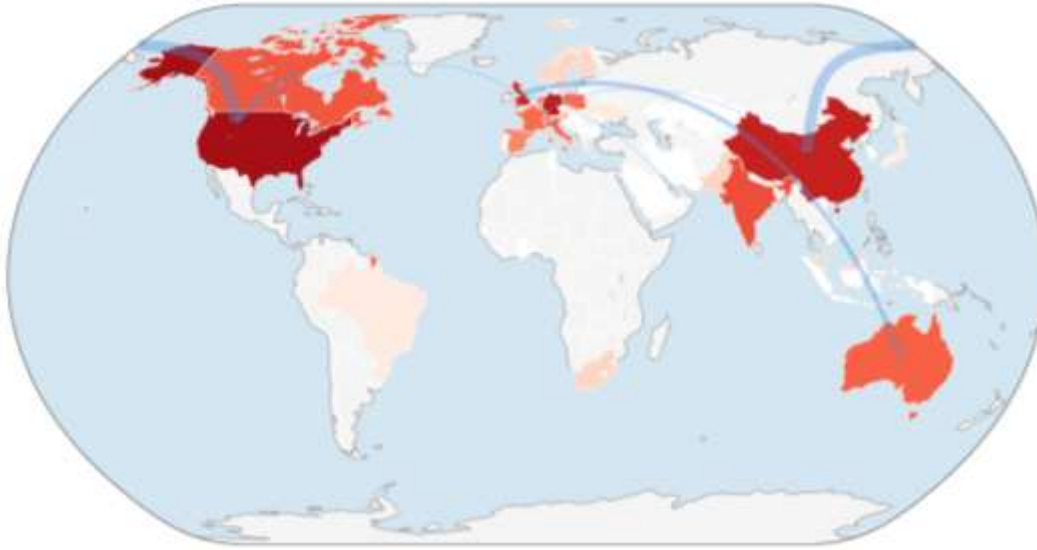


Figure 10. International Collaboration Map

The map of international collaboration in Figure 10 visualizes the global distribution of literature on ethical issues in algorithmic human resources management and the networks of academic partnerships among countries. On this map, the color intensity of countries (from dark red to light) represents their total contribution to publications in this field. In contrast, the thickness of the blue lines connecting countries indicates the strength of their joint publications and collaboration. Key findings emerging from an analysis of the geographic distribution and connections on the map are as follows: The United States (U.S.) serves as the hub of literature production, represented by the darkest shade. The thick blue line connecting the U.S. to Canada, located immediately above it, demonstrates that these two countries maintain a very strong regional collaboration in discussions on algorithmic management and ethics. In Europe, the darker shades in developed economies such as Germany and the United Kingdom (UK) indicate that these countries are shaping the literature on topics such as ethical governance, employee monitoring, and data privacy (including the impact of the GDPR). Furthermore, the intersection of cooperation lines extending from Europe with Asia-Pacific countries such as China, India, and Australia reveals that the issue is being addressed as a global problem that transcends borders. In this regard, the fact that the thick blue lines primarily weave back and forth between advanced technology economies (U.S.-Canada, Europe-China-Australia) can be seen as the most concrete indication that the ethical crises and the search for solutions created by artificial intelligence in HR are being examined within a global consortium through multinational perspectives.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

This study aims to elucidate the historical evolution, theoretical structure, and conceptual transformation of the AHRM literature from a bibliometric perspective, using data from 176 articles published between 1994 and 2026. These data, obtained from the Web of Science Core Collection database and refined through a systematic filtering process, were analyzed using R-Bibliometrix (Biblioshiny) software via performance, citation, co-citation, keyword co-occurrence, and thematic mapping techniques. The findings of this bibliometric analysis reveal that the AHRM literature has undergone not only a quantitative increase but also a profound qualitative transformation. In particular, the vertical acceleration observed since 2020 and the publication peak in 2025 prove that the field has now moved beyond theoretical curiosity to become an institutional imperative (Cameron et al., 2024). The high R^2 value (0.952) in our mathematical life cycle analysis indicates that the break observed in the fourth quarter of 2024 was not coincidental; rather, it was the result of the strong theoretical bridges established by pioneering authors such as Budhwar, Malik, and Lee within their shared citation networks (Cameron et al., 2024; Zhang et al., 2025). The foundation laid by these authors has transformed the field from a “cold” data processing discipline into a dynamic structure intertwined with management philosophy (Sienkiewicz, 2021; Zhang et al., 2025).

An examination of the process of conceptual evolution reveals that the literature’s focus has shifted radically from technical functionality to human values. The dominance of technical terms such as “hiring” and “classification” in analyses from the 2020–2022 period has given way in current studies to ethics-focused concepts such as transparency, fairness, and employee experience (Du, 2024; Zhang et al., 2025). It can be argued that (Du, 2024; Köchling & Wehner, 2020) this transformation is directly related to the perception of algorithms not merely as tools for efficiency, but as “black boxes” that carry the risk of perpetuating past discriminatory practices into the future. The risk of gender bias in historical datasets—particularly highlighted by Du (2024)—helps explain why the concept of “discrimination” has attained such prominence in our analysis's word cloud.

The emergence of trust and procedural justice as emerging themes in our analysis reflects the complexity of employees’ reactions to algorithmic decisions. For example, the finding highlighted by Lee (2018)—that while people trust algorithms for mechanical tasks such as shift scheduling, they harbor deep skepticism in areas requiring human judgment, such as performance evaluations—confirms a fundamental tension in the literature. When this state of skepticism is combined with the emotional, mental, and social burdens described by Park et al. (2021), it deepens the dehumanizing effect of algorithmic management on employees. Consequently, the emerging element of trust in our thematic map can be interpreted as a reflection of the quest to alleviate the psychological burdens created by these systems, rather than a result of technology’s technical success (Lee, 2018; Park et al., 2021).

The evolving role of human resources professionals is also integral to this transformation. The fact that accountability and AI ethics remain niche topics in the analysis results indicates a significant gap in integrating ethical principles into practical processes (See Bankins, 2021; Sienkiewicz, 2021). While the 5A model proposed by Gong et al. (2025) advocates for the strategic alignment of algorithmic systems with business models, Bankins (2021) reminds us that not every task should be automated and that ultimate authority over critical career decisions must remain with humans. This situation highlights the necessity for HR professionals to serve not only as decision-makers but also as overseers of algorithms, building an ethical bridge between technology and people (Angelova, 2024; Sienkiewicz, 2021).

The cluster centered on the U.S., Canada, Germany, and the U.K., as seen on the map of international collaboration, demonstrates that economies lead AI-in-HR discussions with strong data protection legislation (such as the GDPR). While Angelova (2024) highlights the importance of legal initiatives that elevate the concept of algorithmic discrimination to a regulatory level, this context helps clarify the emphasis on transparency in our

analysis. However, this Western-centric focus also entails a cultural limitation in the literature. Even in dynamic fields such as the IT sector, senior employees' distant stance toward technology demonstrates that the process is not merely a technological issue but also a process of socio-cultural adaptation (Angelova, 2024; Gong et al., 2025).

In light of all these findings, it can be concluded that AHRM has evolved from being a mechanical management tool into an ethical governance discipline. However, our analysis shows that ethical discussions remain at an abstract level (as niche topics) and are insufficiently reflected in practical applications. In this context, organizations must remain vigilant against the risk of losing the human touch as they pursue algorithmic efficiency. Algorithms should be positioned as assistants; however, the responsibility for final decisions determining employees' careers must never be delegated to machines. Transparency and explainability should be viewed not merely as technical features, but as fundamental elements of justice that build employee trust (Sachan et al., 2024; Patnaik, 2026).

A key limitation of the current study is its restriction to the Web of Science database and English-language articles; this may have led to the oversight of unique approaches in local languages. Therefore, it is recommended that future researchers focus on empirical and applied studies examining how ethical principles can be applied to practical HR processes. In particular, there is an urgent need for longitudinal studies examining the effects of algorithmic decisions on employees' psychological contracts. Furthermore, to counter the Western-centric dominance in the literature, comparative studies that examine employee reactions in developing countries and across diverse cultural regions will help enhance the field's global inclusivity.

REFERENCES

- Angelova, M. (2024). Pros and cons of using algorithmic management in human resources. *Environment, Technology, Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 2, 22–28.
- Bankins, S. (2021). The ethical use of artificial intelligence in human resource management: a decision-making framework. *Ethics and Information Technology*, 23(4), 841–854.
- Bangura, S., Duma, P. T., & Mthembu, N. A. (2025). Ethical considerations of implementing artificial intelligence in human resource management: A review. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy*, 7(5), 274–281.
- Budhwar, P., Chowdhury, S., Wood, G., Aguinis, H., Bamber, G. J., Beltran, J. R., Boselie, P., Lee Cooke, F., Decker, S., & DeNisi, A. (2023). Human Resource Management in the Age of Generative Artificial Intelligence: Perspectives and Research Directions on ChatGPT. *Human Resource Management Journal*, 33(3), 606–659.
- Cameron, R., Herrmann, H., & Nankervis, A. (2024). Mapping the evolution of algorithmic HRM (AHRM): a multidisciplinary synthesis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1–14.
- Capasso, M., Arora, P., Sharma, D., & Tacconi, C. (2024). On the right to work in the age of artificial intelligence: Ethical safeguards in algorithmic human resource management. *Business and Human Rights Journal*, 9, 346–360.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. Du, J. (2024). Exploring gender bias and algorithm transparency: Ethical considerations of AI in HRM. *Journal of Theory and Practice of Management Science*, 4(1), 1491.

- Duggan, J., Sherman, U., Carbery, R., & McDonnell, A. (2020). Algorithmic management and app-work in the gig economy: A research agenda for employment relations and HRM. *Human Resource Management Journal*, 30(1), 114–132.
- Gong, Q., Fan, D., & Bartram, T. (2025). Algorithmic human resource management: Toward a functional affordance perspective. *Personnel Review*, 54(5), 1150–1177.
- Kellogg, K. C., Valentine, M. A., & Christin, A. (2020). Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals*, 14(1), 366–410.
- Köchling, A., & Wehner, M. C. (2020). Discriminated by an algorithm: A systematic review of discrimination and fairness by algorithmic decision-making in the context of HR recruitment and HR development. *Business Research*, 13(3), 795–848.
- Lee, M. K. (2018). Understanding perceptions of algorithmic decisions: Fairness, trust, and emotion in response to algorithmic management. *Big Data & Society*, 5(1), 2053951718756684.
- Leicht-Deobald, U., Busch, T., Schank, C., Weibel, A., Schafheitle, S., Wildhaber, I., & Kasper, G. (2022). The challenges of algorithm-based HR decision-making for personal integrity. In *Business and the ethical implications of technology* (pp. 71–86). Springer.
- Loi, M. (2020). *People analytics must benefit the people: An ethical analysis of data-driven algorithmic systems in human resources management*. AlgorithmWatch.
- Meijerink, J., Boons, M., Keegan, A., & Marler, J. (2021). Algorithmic human resource management: Synthesizing developments and cross-disciplinary insights on digital HRM. *The International Journal of Human Resource Management*, 32(12), 2545–2562.
- Newman, D. T., Fast, N. J., & Harmon, D. J. (2020). When eliminating bias isn't fair: Algorithmic reductionism and procedural justice in human resource decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 160, 149–167.
- Park, H., Ahn, D., Hosanagar, K., & Lee, J. (2021). Human-AI interaction in human resource management: Understanding why employees resist algorithmic evaluation at workplaces and how to mitigate burdens. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–15.
- Passas, I. (2024). Bibliometric analysis: The main steps. *Encyclopedia*, 4(2), 0.
- Patnaik, A. (2026). Artificial intelligence in human resource management: A review of applications, algorithms, and ethical challenges. *International Journal of Applied Resilience and Sustainability*, 2(2), 869–895.
- Sachan, V. S., Katiyar, A., Somashekher, C., Chauhan, A. S., & Bhima, C. K. (2024). The role of artificial intelligence in HRM: Opportunities, challenges, and ethical considerations. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 7427–7435.
- Sienkiewicz, Ł. (2021). Algorithmic human resources management—perspectives and challenges. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio H Oeconomia*, 55(2), 95–105.
- Tambe, P., Cappelli, P., & Yakubovich, V. (2019). Artificial intelligence in human resources management: Challenges and a path forward. *California Management Review*, 61(4), 15–42.
- Zhang, M. M., Cooke, F. L., Ahlstrom, D., & McNeil, N. (2025). The rise of algorithmic management and its implications for work and organizations. *New Technology, Work and Employment*, 40(3), 659–671.

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DUYGU DÜZENLEME BECERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR PSİKOEĞİTİM PROGRAMI

Yüksek Lisans Öğrencisi, Ebrar AKGÜN

İstanbul Ticaret Üniversitesi, ebrarakun123@gmail.com, 0009-0007-6327-3638

Özet

Bu araştırmanın amacı, Gratz ve Roemer'in (2004) çok boyutlu duygu düzenleme modeli temel alınarak geliştirilen bir psikoeğitim programının üniversite öğrencilerinin duygu düzenleme güçlükleri, somatizasyon düzeyleri ve duygularını sözel olarak ifade etme becerileri üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmada tek gruplu ön test–son test deneysel desen kullanılacaktır. Araştırmanın ilk aşaması kesitsel desende yürütülecektir. Bu kapsamda yaklaşık 150 üniversite öğrencisine Somatizasyon Ölçeği, Duygu Düzenlemede Güçlükler Ölçeği (DERS) ve Duyguların Sözel İfadesi Ölçeği uygulanacaktır. Elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen ölçütleri karşılayan katılımcılar arasından amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilecek 10 öğrenci psikoeğitim programına dahil edilecektir. Araştırmanın uygulama süreci, İstanbul Ticaret Üniversitesi Psikoloji Laboratuvarı bünyesinde yürütülecektir. Araştırmanın etik kurul izin süreci tamamlanmış olup çalışma etik ilkelere uygun biçimde gerçekleştirilecektir. Araştırmada veri toplama aracı olarak Duygu Düzenleme Güçlükleri Ölçeği, Somatizasyon Ölçeği ve Duyguların Sözel İfadesi Ölçeği kullanılacaktır. Altı oturumdan oluşan ve haftada bir kez uygulanacak psikoeğitim programı; duyguları tanıma, duyguların bedensel yansımalarını fark etme, duygulara uygun isim verme, duyguları sözel olarak ifade edebilme ve etkili duygu düzenleme becerilerini geliştirmeye yönelik uygulama ve egzersizleri içermektedir. Programın özgün bileşenlerinden biri olarak, katılımcıların duygusal farkındalıklarını artırmayı ve duygularını yazılı biçimde işlemelerini desteklemeyi amaçlayan, her oturuma yayılan "duygu mektupları" uygulaması geliştirilmiştir. Elde edilen verilerin analizinde ön test ve son test puanları arasındaki farkın anlamlılığını belirlemek amacıyla verilerin normal dağılım göstermesi durumunda bağımlı örneklem t-testi, normal dağılım varsayımının karşılanmaması durumunda ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılacaktır. Araştırmadan elde edilecek bulguların, üniversite öğrencilerine yönelik duygu düzenleme temelli koruyucu ruh sağlığı uygulamalarının geliştirilmesine ve alan yazına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Duygu düzenleme, psikoeğitim, somatizasyon, duyguların sözel ifadesi, üniversite öğrencileri

THE PSYCHOEDUCATION PROGRAM FOR DEVELOPING EMOTION REGULATION SKILLS OF UNIVERSITY STUDENTS

Master's Student, Ebrar AKGÜN

Istanbul Commerce University, ebrarakgun123@gmail.com, 0009-0007-6327-3638

Abstract

The aim of this study is to examine the effects of a psychoeducation program developed based on Gratz and Roemer's (2004) multidimensional model of emotion regulation on university students' difficulties in emotion regulation, somatization levels, and verbal expression of emotions. A one-group pretest–posttest experimental design will be used in the study. The first phase of the research will be conducted using a cross-sectional design. In this scope, the Somatization Scale, Difficulties in Emotion Regulation Scale (DERS), and Verbal Expression of Emotions Scale will be administered to approximately 150 university students. Based on the obtained data, 10 students who meet the specified criteria will be selected through purposive sampling and included in the psychoeducation program. The implementation process of the study will be conducted at the Istanbul Ticaret University Psychology Laboratory. The Difficulties in Emotion Regulation Scale, Somatization Scale, and Verbal Expression of Emotions Scale will be used as data collection instruments. The psychoeducation program will consist of six weekly sessions and will include practices and exercises aimed at recognizing emotions, becoming aware of their somatic manifestations, labeling emotions appropriately, expressing emotions verbally, and developing effective emotion regulation skills. As an original component of the program, an ongoing “emotion letters” practice has been developed to enhance participants' emotional awareness and support the written processing of emotions throughout all sessions. For data analysis, to determine the significance of the difference between pretest and posttest scores, a paired samples t-test will be used if the data are normally distributed, and the Wilcoxon Signed-Rank Test will be used if the assumption of normality is not met. The study is expected to contribute to the development of preventive mental health interventions based on emotion regulation for university students and to the existing literature.

Keywords: Emotion regulation, psychoeducation, somatization, verbal expression of emotions, university students

YÜKSEKÖĞRETİMDE YAPAY ZEKÂNIN KURUMSALLAŞMASI: YÖNETİŞİM, ETİK VE STRATEJİK HAZIRLIK

Öğr. Gör. Gözde KUZU ULUÇAY¹ / Dr. Ahmet Gökhan ULUÇAY² / Dr. Fettah KURTULUŞ³

¹ İstanbul Kültür Üniversitesi, g.kuzu@iku.edu.tr, ORCID: 0009-0004-7161-7179

² İstanbul Kültür Üniversitesi, g.ulucay@iku.edu.tr, ORCID: 0009-0002-5275-2952

³ İstanbul Kültür Üniversitesi, f.kurtulus@iku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6021-5172

Özet

Üniversitelerde yapay zekâ kullanımı, bireysel denemelerin ötesinde kurumsal politika, akademik süreç ve yönetsel karar alanlarıyla ilişkili bir konu hâline gelmiştir. Bu çalışma, yükseköğretim kurumlarının yapay zekâ kullanımını nasıl düzenlediğini; etik ilkeler, akademik süreçler ve stratejik hazırlık bağlamında nasıl konumlandığını incelemeyi amaçlamaktadır.

Çalışma nitel araştırma yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Araştırmanın verileri, yapay zekâ kullanımına ilişkin resmi rehber, yönerge, akademik dürüstlük ilkesi, ölçme-değerlendirme açıklaması, veri güvenliği duyurusu veya strateji belgesi yayımlamış üniversitelerin kamuya açık dokümanlarından elde edilecektir. Dokümanlar üniversitelerin resmi web sayfalarından toplanacak ve doküman analizi yöntemiyle incelenecektir. Analiz sürecinde MAXQDA programından yararlanılacak; metinlerde öne çıkan ifadeler tematik kodlama yoluyla sınıflandırılacaktır.

Kodlama sürecinde yönetim, etik kullanım, akademik dürüstlük, veri güvenliği, eğitim-öğretim süreçleri, personel yeterlikleri ve kurumsal hazırlık temel temalar olarak ele alınacaktır. Bu temalar, üniversitelerin yapay zekâyı teknik bir araç olarak mı, yoksa kurumsal bir sorumluluk alanı olarak mı değerlendirdiğini tartışmaya açacaktır. Çalışmanın, yükseköğretimde yapay zekâ kullanımına ilişkin mevcut kurumsal yaklaşımları görünür kılması ve politika geliştirme süreçlerine katkı sunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Yükseköğretim, Kurumsallaşma, Yönetişim, Etik, Stratejik Hazırlık, Doküman Analizi, MAXQDA

INSTITUTIONALIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION: GOVERNANCE, ETHICS, AND STRATEGIC READINESS

Lect. Gözde KUZU ULUÇAY¹ / Dr. Ahmet Gökhan ULUÇAY² / Dr. Fettah KURTULUŞ³

¹ İstanbul Kültür University, g.kuzu@iku.edu.tr, ORCID: 0009-0004-7161-7179

² İstanbul Kültür University, g.ulucay@iku.edu.tr, ORCID: 0009-0002-5275-2952

³ İstanbul Kültür University, f.kurtulus@iku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6021-5172

Abstract

In universities, the use of artificial intelligence has moved beyond individual experimentation and has become connected with institutional policy, academic processes, and managerial decision-making. This study aims to examine how higher education institutions regulate the use of artificial intelligence and how they position it in relation to ethical principles, academic processes, and strategic readiness.

The study is designed within a qualitative research approach. The data will be obtained from publicly available institutional documents of universities that have published official guides, directives, academic integrity principles, assessment-related statements, data security notices, or strategic documents on artificial intelligence use. The documents will be collected from official university websites and examined through document analysis. During the analysis, MAXQDA will be used; recurring statements in the texts will be classified through thematic coding.

The coding process will focus on governance, ethical use, academic integrity, data security, teaching and learning processes, staff competencies, and institutional readiness. These themes will be used to discuss whether universities approach artificial intelligence mainly as a technical tool or as an area of institutional responsibility. The study is expected to make existing institutional approaches to artificial intelligence use in higher education more visible and to contribute to policy development.

Keywords: Artificial Intelligence, Higher Education, Institutionalization, Governance, Ethics, Strategic Readiness, Document Analysis, MAXQDA

KUTSALIN ESTETİK TEZÂHÜRÜ: DİN VE SANATIN ONTOLOJİK BİRLİKTELİĞİ**Arş. Gör. Dr., Nurgül AKDOĞAN,****Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Türk İslâm Düşünce Tarihi, nurgul.akdogan@hbv.edu.tr,****ORCID: 0000-0002-9118-0742****Özet**

Günümüzde sekülerleşme paradigması, din ve sanatı birbirinden bağımsız, hatta zaman zaman çatışan iki alan olarak konumlandırma eğilimindedir. Ancak insanlık tarihi, kutsalın ve estetiğin birbirini besleyen, birbirinin varoluşuna anlam katan ayrılmaz bir bütünlük içinde olduğunu göstermektedir. Bu bildiri, din ve sanatın sadece birer kültürel form değil, insanın aşkın alana ulaşma çabasının iki farklı tezâhürü olduğu temel tezine odaklanmaktadır. Çalışmada, sanatın toplumun değerlerini yansıtan bir ayna görevi gördüğü ve kutsalı ifşa etmede felsefeye oranla daha etkin bir dil geliştirdiği vurgulanmaktadır. Sanatın dinin hizmetinde bir araç olmaktan öte, dini değerlerle harmanlanarak insan ruhunu ‘görünür olandan görünmez olana’ yükselten bir yaşantı süreci olduğu savunulmaktadır. Aliya İzzet Begoviç’in ‘sanat dinin çocuğudur’ ifadesinden hareketle, sanatın köklerine dönme arzusunun aslında aşkın olandan kopamama gerçeği ile ilişkisi analiz edilmektedir. Bildiri kapsamında ayrıca, İslam medeniyetinde Kur’an’ın sanatsal üslubunun hat, tezhip ve mimari gibi alanların gelişimine doğrudan katkısı incelenmekte; İslam sanatının tevhit ve tenzih ilkeleri etrafında şekillenen estetik tercihleri, heykel sanatı örneği üzerinden tartışılmaktadır. Sonuç olarak, din ve sanatın birbiriyle rekabet eden alanlar değil, birbirini tamamlayan unsurlar olduğu; bu nedenle ‘din-sanat ilişkisi’ yerine ‘din-sanat bütünlüğü’ kavramının daha yerinde bir terminoloji olduğu önerilmektedir. Bu çalışma, sanatın ancak kutsal ile kurduğu ontolojik bağ sayesinde hakiki anlamını bulabildiğini ve dinin de sanatın sunduğu estetik derinlikle dogmatizmden arınıp hayata nüfuz edebildiğini savunmaktadır. Çalışma söz konusu bu bütüncül perspektifin, günümüz sanat anlayışının yeniden inşasında ihtiyaç duyulan temel zemini oluşturabileceğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Din, Sanat, Kutsal, Estetik.

THE AESTHETIC REVELATION OF THE SACRED: THE ONTOLOGICAL UNITY OF RELIGION AND ART

Arş. Gör. Dr., Nurgül AKDOĞAN,

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Türk İslâm Düşünce Tarihi, nurgul.akdogan@hbv.edu.tr,

ORCID: 0000-0002-9118-0742

Abstract

The contemporary secularization paradigm tends to position religion and art as independent, and at times even conflicting spheres. However, human history demonstrates that the sacred and the aesthetic exist in an inseparable unity, mutually nourishing and providing meaning to each other's existence. This paper focuses on the thesis that religion and art are not merely cultural forms but rather two distinct arenas for the aesthetic revelation of the sacred. This study emphasizes that art serves as a mirror reflecting societal values and develops a more effective language than philosophy in revealing the divine. It is argued that art is not merely an instrument at the service of religion; rather, it is a life-process that when blended with religious values, elevates the human soul from the 'visible to the invisible.' Drawing upon Alija Izetbegović's assertion that 'art is the child of religion', the study analyzes how the desire of art to return to its roots is, in fact, related to its intrinsic inability to detach from the transcendent. Furthermore, this study examines the direct contribution of the Quran's artistic style to the development of disciplines such as calligraphy, illumination, and architecture in Islamic civilization, while discussing the aesthetic preferences shaped by the principles of tawhid and tanzih through the example of sculpture. Consequently, it is proposed that religion and art are not competing fields but complementary elements, suggesting that the term 'unity of religion and art' is more appropriate than 'religion-art relationship.' This study maintains that art finds its true meaning only through its ontological bond with the sacred, and that religion, through the aesthetic depth offered by art, is spared from dogmatism and can permeate life better. This paper aims to demonstrate that this holistic perspective provides the essential foundation needed for the reconstruction of contemporary artistic understanding.

Keywords: Religion, Art, Sacred, Aesthetic.

SOĞDİANA VE SOĞDLARDA BUDİZM

Doç. Dr. İbrahim ONAY

Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Tarih Bölümü

Çankırı/Türkiye,

ibrahimonay06@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5277-4807>

Özet

Bu çalışma Soğdiana olarak tarif edilen Sır-derya ve Amu-derya arasındaki topraklarda yaşayan Soğdların dinî hayatında Budizm'in yerini konu edinmektedir. İranî bir halk olarak bilinen Soğdların genel olarak Zerdüş inancında oldukları değerlendirilmektedir. Bununla birlikte Soğdlar, coğrafik ve siyasi nedenlerle olduğu kadar ticaretteki becerileri nedeniyle de yabancı dinlerle temas kurmuşlardır. Özellikle ticaret yolları sayesinde yayılma gösteren Budizm'le Soğdların karşılaşması kaçınılmaz olmuştur. Kendi bölgelerine hâkim olan güçlerle uzlaşabilen Soğdlar, bir dönem Budizm'in hamisi ve koruyucusu olan Kuşhan Devleti döneminde Budizm'le yakınlaşmıştır. Özellikle 2-3. yüzyıllar boyunca Hindistan ve Baktria'dan, Doğu Türkistan sahasına ve Çin'e doğru giden Budist rahiplerin Yüeci, Soğd veya Parth kökenli olması Kuşhanların sağladığı siyasi, ekonomik ve dini düzenlemelerle bağlantılıdır. Soğdiana bölgesine hâkim olan Sasaniler ve daha sonraki Akhunlar (Eftalitler) döneminde hâkim güçlerin Budizm'e karşı olan olumsuz yaklaşımları Soğdiana bölgesinde Budizm'in gerilemesine neden olmuştur. Göktürk hâkimiyeti döneminde Zerdüş ve Budist inançların var olduğu Soğd bölgesi, İslam orduları tarafından fethedildikten sonra da bir süre bu özelliğini korumuş ve 8. yüzyıla birlikte İslam burada yayılmıştır. Özellikle iktisadi nedenlerle Sogdiana bölgesi dışında, Doğu Türkistan ve Çin'de yaşayan Soğdlar arasında Budizm'in güçlü bir konumda olduğu görülmektedir. Çin tarihinde Soğd kökenli önemli rahiplerin varlığı bu nedenle önemlidir. Soğdlar Budizm'in ticaret yolları üzerinde ve Çin'de yayılması konusunda etkin topluluklar arasındadırlar. Yine Türk toplulukları arasında dönem dönem yaşanan Budizm'e yakınlaşma teşebbüslerinde, çeviri kabiliyetleri nedeniyle Soğdların izlerini görmek mümkündür. Kendi coğrafyalarında özgün bir dinî hayat tesis eden ve farklı dinlere eğilim gösteren Soğdların, Zerdüşlükten sonra en çok etkilendiği dinlerin başında Budizm'in geldiği değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Soğd, Budizm, Soğdiana, Zerdüşlük, İpek Yolu.

BUDDHISM IN SOGDIANA AND AMONG THE SOGDIANS**Assoc. Prof. Dr. İbrahim ONAY****Çankırı Karatekin University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of History,
Çankırı/Turkey****ibrahimonay06@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5277-4807>****Abstract**

This study examines the role of Buddhism in the religious life of the Sogdians, who inhabited the lands between the Syr Darya and Amu Darya rivers, known as Sogdiana. The Sogdians, an Iranian people, are widely regarded as having been adherents of the Zoroastrian faith. However, it is evident that they came into contact with foreign religions not only for geographical and political reasons but also due to their proficiencies in trade. The encounter between the Sogdians and Buddhism, which was propagated primarily through trade routes, was an inevitable occurrence. The Sogdians were able to reach agreements with the dominant powers in their region, and it was during the period of the Kushan Empire that they became increasingly aligned with Buddhism. The Kushan Empire had previously served as a patron and protector of the faith. The historical evidence indicates that Buddhist monks travelling from India and Bactria towards East Turkestan and China, particularly during the 2nd and 3rd centuries, were of Yuezhi, Sogdian or Parthian origin. This phenomenon is linked to the political, economic and religious arrangements established by the Kushans. During the periods of Sassanid and, subsequently, Akhun (Hephthalite) rule over the Sogdiana region, the antagonistic attitudes of the ruling powers towards Buddhism resulted in the decline of the religion in Sogdiana. The Sogdian region, where Zoroastrian and Buddhist beliefs existed during the Göktürk period, retained this character for a considerable time even after its conquest by Islamic armies, and Islam began to spread there from the 8th century onwards. It is evident that Buddhism held a strong position amongst the Sogdians living outside the Sogdiana region, particularly in East Turkestan and China, for economic reasons. The presence of prominent Sogdian-origin monks in Chinese history is therefore significant. The Sogdians were among the communities that played an active role in the dissemination of Buddhism along the trade routes and within China. Moreover, in the periodic endeavours by Turkic communities to cultivate closer ties with Buddhism, it is evident to trace the influence of the Sogdians, attributable to their proficiency in translation. It can be concluded that, having established a distinctive religious life within their own geographical region and showing a tendency towards various religions, Buddhism was the religion that most influenced the Sogdians after Zoroastrianism.

Key words: Sogdian, Buddhism, Sogdiana, Zoroastrianism, Silk Road.

GİRİŞ

Türkistan coğrafyasının halklarından biri de İranî bir topluluk olan Soğdlardır. Soğdluların anavatanı olan bölge Transoxiana olarak da bilinir. Burası Batı Türkistan bölgesinde Oxus (Amuderya) ve Jakartes (Sirderya) nehirleri arasındadır (Skaff, 2003: 475-476). Geçmişte burada bulunan çok sayıda şehir devleti hiçbir zaman kendi aralarında ve tek bir politika altında birleşmemişlerdi. Soğdlu şehir devletleri asla resmi bir din de tesis edememişlerdi ve bu şehirler çeşitli dinsel kurum ve kuruluşlara ev sahipliği yapıyorlardı (Xinru, 2011: 58-59). Soğdlar coğrafik olarak doğu-batı ticareti ve güneye doğru uzanan ticari yolların kesiştiği bir coğrafyada yaşıyorlardı. Bu da bölgeyi farklı etkilere açık bırakmaktaydı.

Kültürel olarak İranlı ve İran nüfuslu bir yer olarak Oxus - Jakartes bölgesi; Budizm'in, Zerdüştlüğün ve Nesturi Hristiyanlığın farklı etkilerinin hücumuna uğramıştı (Toynbee, 1924: 248). Burada Zerdüştlük ve Budizm tesis edilmiş bunların yanında diğer kuruluşlar ve kültürel pratikler de var olmuştu. Bunda siyasal durumun rolü vardır. Baktria ve Sogdiana bölgelerinin sürekli değişen politik yapısı nedeniyle buralarda yaşayan seçkinler, tüccarlar, komutanlar, politik müttefikleriyle bütünleşebilmek için esnek olmayı öğrenmiş ve çok sık efendileri değiştiği için buna uygun olarak ekonomik ve sosyal ilgileri de değişmiştir. Tarih boyunca Hindistan, Çin, İranî, Grek kültürel unsurlar bölgede var olmaya ve burada zenginleşmeye devam etmiştir (Xinru, 2011: 57). V. yüzyıla gelindiğinde ise bölge üst üste bozkırlı konargöçerlerin egemenliği altına girmiştir. Önce Akhunlar (Eftalitler) ve daha sonra Göktürkler bölgede hâkim oldular. Bu iki katman nüfus arasındaki ilişkiler benzer biçimde gelişime sebep olmuştu. Bu sayede genel olarak Arap istilalarına karşı gelmişlerdi. Araplar ise yanlarında yeni “dinlerini” de yani İslam’ı getirmişlerdi (Toynbee, 1924: 248). Dolayısıyla Sogdiana bölgesi tarihsel olarak farklı siyasi güç ve kültürel unsurların egemen olduğu ve karşılaştığı bir bölge olmuştur. Bu da Soğdların dini hayatının çok çeşitlilik göstermesine ve zamanla bazı değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Bu yönüyle Soğd dinî tarihi ile siyasi tarihi arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Kuşanlar Dönemi Soğdlar ve Sogdiana’da Budizm

Budizm’in kökleri MÖ 6. yüzyıla dayanmakla birlikte, MÖ (273-232) yıllarında Maurya İmparatoru Aşoka zamanında Hindistan’ın baskın dini haline gelmişti. Aşoka, imparatorluğunu Bengal’den Afganistan’a kadar uzatmıştı. Bu sayede Budizm’de bu bölgelere yakınlığı (Behera, 2002: 5078). Milattan önce II. yüzyılın son çeyreğinde Batı Türkistan’daki Baktria’ya yerleşen Yüceçiler, aradan geçen yüzyıl içerisinde İndus Vadisi’ne, Kuzey ve Orta Hindistan’a kadar egemen olacak güçte bir devlet kurdular (Kırilen, 2015: 17). Kuşanlar döneminde, Gandara, Kuzey Pakistan ve Kuzeybatı Hindistan, Maurya İmparatorluğunun elinden alınmış oldu (Behera, 2002: 5078).

Kuşanlar Budizm’i devlet dini olarak kabul ettiler ve çok çeşitli Budist okullarını birleştirmek için teşebbüste bulundular. Bu dönemde yine Brahmanizm, Caynizm, Zerdüştlük ve diğer dinî pratiklerin de gelişiminin devamı sağlandı (So, 2006: 175-176). Kuşan hükümdarı Kanişka’nın Budizm’den yana olduğu çok açıktır. Fakat o da Aşoka gibi imparatorluğunun çok kültürlü unsurlarını hesaba katan bir dinî tolerans politikası izlemişti (Narain, 2000: 230). Kanişka yönetimi altında yalnızca Budizm gelişmedi. Devam eden yüzyıllar boyu Gandara, büyük Budist yerleşimlerinin ve Greko Budist sanat formunun da başlangıç yeri oldu (Behera, 2002: 5078). Budizm’in Gandara ve Kaşmir de sıkı biçimde tutunup yerleşmesiyle birlikte, Budacı misyonerler bu bölgeleri birer üs gibi kullanarak inançlarını Sogdiana, Parthia, Hotan ve Kuça’ya kadar götürdüler (Kırilen, 2015: 17).

Kuşhanlar döneminde muhtemelen Budizm, Oxus ve Jakartes nehirleri arasındaki araziye gelmiş olmalıdır. Kanişka döneminin kültürel gelişmelerinden biri Budist yazmaların Kuşhan diline ve o zaman Soğdca ve Çinceye çevrilmeleridir. Biz pek çok Soğdca ve Çince Budist metinlerin Doğu Türkistan'da, Kuşhanca'dan çevrildiğini düşünebiliriz (Frye, 1965: 7). Kuşhanlar miras olarak Grek, Hint kültürü ve Budizm'i almışlardı. Kuşhanların politik ve kültürel çevresi altında Sogdiana bu kültürel unsurların pek çoğunu Merkezi Asya'nın İranî kültürü içinde kabul etmiş ve yorumlamıştır (Walter, 2006: 6). Dolayısıyla Kuşhan hâkimiyeti döneminde Sogdiana'da Budizm'in gelişmesi için uygun koşullar oluşmuştu. Soğdlar aynı zamanda Budizm'in yayılmasına da aracılık ettiler. Soğdların bir bölümü ticaretle uğraştıkları için özellikle İpek Yolu ve Baharat Yolu üzerinde hareket halinde idiler. Bu da yalnızca ticaretin, mal ve eşyaların değil, düşünce ve dinlerin de taşınmasına imkân sağlamıştı.

Parthlı, Soğdlu ve diğer İranlı tüccarların yanında Yüceci'li göçmenlerin de İpek Yolu boyunca Budizm'in gelişmesi ve farklı formlarda yayılması konusunda önemli roller oynadıklarını belirtmek gerekir (So, 2006: 179-180). Zerdüştlüğe dair elementler Hazar Denizi bölgesinde ve İran platosunun güney-batı tarafında yayılma gösterirken, diğer taraftan Budizm ve Nesturi Hristiyanlık, Tarım Basın bölgesinde ve Avrasya bozkırlarında Zerdüştlükten daha güçlü biçimde temsil edilmiştir. Buralarda aynı anda büyümeleri ve gelişmeleri ters yönde olmuştur. Diğer etkileri de Hindistan ve Çin arasındaki ilişkilerin daha yakın olmasına imkân sağlamasıdır (Toynbee, 1924: 251).

Sasaniler Dönemi Soğdiana'da Budizm

Kuşhanlar, Sasanilerin III. yüzyılda yaptıkları ataklar sonrası çöküşe geçmişti (Enoki, 1969: 1-2). Kuşhan imparatorluğunun altın çağına, Sasani hükümdarı 1. Şapur'un (MS 241-272) doğudaki işgalleri son vermiştir. Nitekim Şapur, MS 250 civarında ünlü Kâbe-i Zerdüş Yazıtına göre, Kuşhanlara karşı yeniden büyük bir zafer kazandı ve nüfuzunu, Kuzey Kuşan bölgesinden, Fergana'ya ve Taşkent'e kadar genişletti. Fergana'nın anılması, bir zamanlar yüzyıl süresince Kuşhan egemenliği altında kalan Sogdiana'nın, şimdi de Fars egemenliğine girdiğini göstermektedir (Czegledy, 2006: 64-65). Dolayısıyla Kuşhan İmparatorluğu ve onun ardından gelen Kuşhan-Sasani Krallığı, her ikisi de Baktriya merkezli idi. İkinci kültürel çevre olan Sogdiana ise Baktria'nın kuzeyinde salkım biçiminde kümelenmişti (Grenet, 2006: 87).

Erken Budist hareketi de Merkezi Asya'da, Baktria, Toharistan ve Merv bölgesi dışında Semerkant'ın kuzeyindeki Sanzar Nehri vadisinde konumlanmıştı (Stavisky, 1990: 167-168). Merv de dâhil olmak üzere bu bölgeler Sasaniler, Kuşhan devletini yendikleri zaman onların devletinin bir parçası haline gelmişlerdi. Fakat Sasani yöneticilerinin ve Zerdüşt rahiplerin yabancı dinlere ve kültürlerle karşı tepkileri oluşmuştu. Bunu o döneme ait olan Kartir Yazıtlarında görmek mümkündür. Bu yazıtlar (MS 276-293) yılları arasında Sahinşah Varahran II zamanında yazılmıştı. Bu yazıtta; Yahudiler, Budistler, Brahmanistler, Nazarenyenler, Hristiyanlar ve Manihaistlerin putlarının imparatorlukta yok edildiğinden bahsedilmekteydi. Deva Mağaraları harap edildi. Bu delillerin şahitliğinde doğal olarak erken Budist anıtlarının, Baktria Toharistan bölgesinde ölüme mahkûm edildiğini ve terk edildiğini çıkarabiliriz (Stavisky, 1990: 167). Zerdüşt dininin yüksek rahibi Kartir, imparatorlukta heretiklerin nasıl dışarıya atılacağını da bizzat açıklamıştı. Kartir'in kışkırtma ve teşvikleriyle Baktria, Sasani hegemonyası altında iken, Surkh Kotal ve Kara-tepe deki Budist yerleşimi, Zerdüşt ateşinin kullanımı için dönüştürüldü (Scott, 2007: 115). Bu nedenle Sasani iktidarı döneminde Budizm'e yapılan kötü muamelenin, bu dinin Sogdiana'daki gelişimi için engel oluşturduğu değerlendirilebilir.

Sasani İmparatorluğunun MS III. yüzyılın sonlarından itibaren Zerdüştlüğü resmi din haline getirip bölgedeki diğer dinler üzerinde baskı kurmasıyla birlikte, bölgede Budizm'in de gücünü kaybettiği değerlendirilmektedir. Zira Sasanilerin gazabı Budistleri hedef almış ve bu dönemde manastırların çoğu kapatılmıştı. Ancak Budistlerin yanı sıra Manihaistlere, Yahudilere ve Hristiyanlara karşı da yürütülen bu faaliyet, aynı doğudaki

Satrapları kontrol etme çabası gibi sonuca ulaşmadı. Budizm yer altına çekildikten sonra yeniden canlanmış ve filizlenmişti (Starr, 2019: 141). 6 ve 7. yüzyıllarda, Sasani İmparatorluğu'nun doğu parçasının önemli bir merkezi konumunda olan Merv arazisindeki Budist kült kompleksleri, (Stupa ve manastır binası da dâhil) 3 ve 4. yüzyılda inşa edilmiş ve 6 ve 7. yüzyıla kadar da varlığını devam ettirmişti. Sasanilerin, Budistlere karşı izlediği politika, Kartir yazıtlarında açıklandığı şekliyle uyumlu gözükmemektedir. Zira Sasanilerin din konusundaki politikaları, Zerdüşť dini fanatizmi konusunda Sahinşah Varahran II (276-293) den sonra görece dinsel toleranslı bir devre olan Narseh (293-302) ile devam etmiştir (Stavisky, 1990: 169).

Kidaritler ve Akhunlar (Eftalitler) Döneminde Sogdiana'da Budizm

MS 3. yüzyılda gerçekleşen Fars işgali Sogdiana'da süreklilik kazanmadı. MS 260-270 civarında, batıdan Çin sarayına ulaşan elçilerin raporlarına dayanan bir Çin belgesine göre de, Sogdiana uzun K'ang chü ve Kuşan egemenliği sonunda, bağımsızlığını tekrar kazanmıştı (Czegledy, 2009: 64-65). Fakat daha sonra Sogdiana, Hun soylu toplulukların hâkimiyeti altına girecekti. Bölgede egemen olan güçlü topluluklardan biri Akhunlar (Eftalitler) idi. Akhunlar da Budizm konusunda olumlu bir görüntü vermiyorlardı.

Akhunlar (Eftalitler), kendileri özellikle Budizm'i desteklememişlerdi (Scott, 2007: 118). Bunu Sogdiana'da değilse bile Akhunların hâkim olduğu diğer coğrafyalarda gözlemlemek mümkündür. Eftalitler V. yüzyılın ortaları ve VI. yüzyılın başlarında güçlenme dönemlerini yaşamaktaydılar (Enoki, 1969: 1-2). Eftalitler 477 ve 520 yılları arasında Gandara'yı ele geçirdiler. 520 yılında Çinli Sung-Yün, Gandara'yı ziyaret ettiğinde burası Eftalitlerin kontrolü altındaydı (Enoki, 1959: 23). Sung-Yün, yaklaşık 520 yıllarında Baktria'dan geçerken Eftalit sarayını görmüştü. Eftalitler ile ilgili kısa ve öz notlarında: *"Onların büyük çoğunluğu Buda'ya inanmazlar. Onların pek çoğu yanlış, tanrılara ibadet ederler, taparlar"* demiştir (Scott, 2007: 118). Sung-Yün, Eftalit kralı tarafından kabul edilmiş ve duyduğu nefreti ondan gizleyebilmişti. Beal, bu zamanın Mihurakula zamanı olduğunu düşünmektedir çünkü onun Gandara ve komşularını egemenliği altına alır iken yaptıkları ve zalimliği meşhurdur (Beal, 1887: 200). Zira Bizanslı yazarların Eftalit dedikleri bu grubun Budizm'e karşı olduğu bilinmektedir. Eftalit hükümdarı Mihirukula, tapınakları yok etmiş ve rahipleri yakınlardaki Kabul Nehrine dökmüştür (Beal, 1887: 202).

Anlaşılan Eftalitlerin egemen olduğu topraklardaki insanların pek çoğu İranlılardan oluşmaktaydı. Bunlar Zerdüşťlüğe ve diğer dinlere inanmakta idiler fakat bunlar arasında Budistler de vardı. Eftalitler Budizm'e inanmamalarına rağmen, Çin kaynakları onların ülkelerinin Budizm'le olan ilgisi hakkında bilgi verirler. Sui-shu'ya göre onların başkentleri 10 li kare büyüklüğünden fazla çok sayıda Stupa ve tapınağa sahiptir, bunların hepsi altınlarla dekore edilmiştir. Belh şehri Budist inancı, tapınımı için oldukça önemli bir bölge idi ve "Küçük Rajagraha" olarak adlandırılmaktaydı. 7. yüzyılda Hsüan-Tsang'ın naklettiğine göre Hinayana ve Mahayana mezheplerinin her ikisi de burada bulunmaktaydı (Enoki, 1959: 49). Starr'a göre; bazıları bölgedeki Budizm'in İslamiyet'in yükselmesinden önce yok olma sürecine geldiğini, bazıları da o dönemde konargöçer bir topluluk tarafından kurulan Akhun imparatorluğunun Budizm'i baskı altına aldığını savunmaktadır. Yine de Tacikistan topraklarında bulunan Munk'da, VII. veya VIII. yüzyılda inşa edildiği anlaşılan bir Budist Stupa'sının bulunmuş olması Budizm'in Orta Asya'da tamamen yok olmadığını göstermektedir (Starr, 2019: 141).

Dolayısıyla Budizm, Akhun (Eftalit) hâkimiyeti altındaki Sogdiana ve Baktria'da zayıflamış olsa da tamamen yok olmamıştır. Wei shu'nun belirttiğine göre; Baktria başkentinde pek çok altın manastır ve pagoda parlamaktadır. Sogdiana'da insanlar ata şapelleri inşa etmişler ve Buda ile ilgili yabancı yazmalar istemişlerdir (Sanskritçe metinler). Pek çok tarihi kaynak Soğdlar arasında Zerdüşťlüğün baskın varlığını belirtmesine rağmen, Hem Sui shu hem Ch'ien T'ang-shu Budizm'in K'ang yani Soğd ülkesindeki varlığına dair kısa bilgiler içermektedir. T'ang shu'ya göre; K'ang kuo'nun insanları Buda'nın dharma'sına saygı gösterirken aynı zamanda Zerdüşť tanrılara taparlardı (Walter, 2006: 33).

Göktürk Hâkimiyeti Döneminde Sogdiana’da Budizm

MS (629-645) dönemine dair Hsüan Tsang’ın seyahat notlarındaki bazı bölümler, bilginlerin Orta Asya Budizm’inin, Sasanilerin sponsorluk ettiği Zerdüştlük karşısında düşüşe geçtiğini düşünmesine yol açmıştır (Foltz, 2007: 82). Anlaşıldığı üzere VII yüzyıla gelindiğinde Zerdüştlük, Sogdiana’da hâkimdir ve erken Soğd Budizm’i, Hsüan Tsang’ın ziyaret ettiği dönemde nerdeyse yok olmak üzeredir. Hsüan Tsang’ın bazı Kral ve kimseleri Budizm’e çevirdiği anlatılır. Fakat onun canlandırmaya çalıştığı Budizm kısa ömürlü olur. Yakında Budizm kaybolur (Walter, 2006: 34).

Örneğin Hsüan-Tsang’ın müritlerinden olan ve onun yaşamını kaleme alan Hu-li, Semerkantta “Kral ve insanlar Budizm’e inanmadılar, fakat ateşe taptılar. İki tane manastır vardı, fakat onlarda hiç keşiş yaşamadı. Eğer misafir bir keşiş orada yaşamaya kalkışsaydı, yerli insanlar onu oradan ateşle çıkarırlardı” şeklinde bir yorumda bulunur (Foltz, 2006: 82).

Budist hacı Hsüan Tsang 630 yıllarında Sogdiana’dan geçerken notlarına göre; büyük ve güzel şehir Semerkant’ta çoğu insan Buda’ya ibadet etmiyordu. Fakat ateş ile ibadet ediyorlar, Zerdüştlüğün pratiklerini uyguluyorlardı. Onun düşüncesine göre yerel yerleşikler, manastırlardan uzaklarda ellerinde yanmış odun parçaları bulunarak Buda’ya ibadet ediyorlardı. Onun müritlerinden birinin yazdığına göre Hsüan Tsang bu zararlı alışkanlıktan vazgeçmeleri için krallara vaaz veriyordu (Xinru, 2011: 60).

Bu konuyla ilgili olarak Xinru’nun değerlendirmelerine göre; Hsüan Tsang’ın veya müridinin açıklamalarında rahibin misyonerlik gücü abartılmış olabilir. Eğer gerçekten şehirlerde Budizm’e az tolerans var ise, burada iki Budist manastırının olmaması gerekirdi. Bundan başka şehirlerin yüksek öncelikleri, onların ticari ilgileri ile bağlı idi ve pek çok Budist tüccar İpek yolunun bu parçasında aktif idi. Bu nedenle, bu insanlara otellerde veya manastırlarda kalacak yer sağlanmalı idi. Görünen o ki şehirler Budist manastırları koruyorlardı çünkü buralar, onlar için önemli bir fonksiyon icra ediyorlardı. Bu nedenle Budist Hacı’nın notlarında bahsettiği ve odun parçaları yakılarak yapılan ibadetin kökeninin Zerdüştlükle ilgili olması muhtemeldir fakat Semerkant’ta görülen bu ibadet şekli Buda ile ilgili olmalıdır. Çünkü Kuşhan çağının erken dönemlerinde Budist ritüeller Zerdüştlüğün ateş ibadetiyle karışmıştı, zira Kuşhan kralı her iki dini de koruyor idi (Xinru, 2011: 60).

Hsüan Tsang 7. yüzyılda Semerkant’ı ziyaret ettiğinde Budizm’in burada ne kadar zayıf bir şekilde temsil edildiğini gördüğünde hayal kırıklığı yaşamıştı. Ondan 20-30 yıl sonra oradan geçen Koreli bir Budist, manastırda yalnız başına yaşayan bir Budist rahip buldu (Foltz, 2006: 70) VIII. yüzyılın başlarında burayı ziyaret eden Hui-ch’ao raporunda, Sogdiana halkının dinî pratiklerinden bahsederken Zerdüştlüğe vurgu yapmakta iken, onun Budizm hakkında bilgisi yoktur. Fakat Semerkant’ta bir Budist tapınağı ve içerisinde bir Budist rahip bulur. Burası muhtemelen Hsüan Tsang’ın çalıştığı ve propaganda yaptığı yer olmalıdır (Walter, 2006: 34).

Sogdiana’da Budizm ve Zerdüştlüğün Birlikteliği

Tarihsel olarak Budizm Sogdiana’da gelişerek önemli bir din olmasına rağmen, burası tarih boyunca hiçbir zaman sadece Budizm’e ait bir ülke olmamıştır (Xinru, 2011: 58-59). Bu manada Sogdiana, Baktria’nın tersine olarak, asla bir Budist ülkesi olmadı. Soğdlu tüccarlar, Hindistan ticaret rotası üzerinde sürekli olarak çok aktif idiler. Sogdiana Hindu sanatının gelişmiş ileri karakolu oldu. Yine de Hindu modeli burada körü körüne kopya edilmedi, fakat bazen Zerdüş inancının ihtiyaçlarına uydurmak için, uygun biçimde yeniden yorumlandı. Bu Hindu modelinin başarılı olması Helenistik sanatın mirasının gözden kaybolmasına neden oldu (Grenet, 2006: 94). Hindu kültürel unsurlarıyla birlikte Sogdiana’da hem Zerdüştlüğün hem de Budizm’in bir arada yaşadığına dair kayıtlar bulunmaktadır.

Çin kaynaklarında Soğdiana bölgesi hakkında en detaylı bilgiler şu şekilde geçmektedir. “K’ang Devleti, eski Kangchü’lerinden gelmekteydi. Konargöçer yaşarlardı. Belli bir toprak parçasının sahibi değillerdi. Han döneminden beri ilişkileri kesilmemişti. Kralları Wen ailesinden olup Yüeh Chi asıllıydı. Eski Chilien dağlarının kuzeyindeki Chaowu kentinde oturuyordu. Hunlara mağlup olduktan sonra Pamir’in batısına göç ederek oraya hâkim olmuşlardı.” (Kralın eşi, Kök Türklerin Ta tu Kağanının kızıdır.) “Hu” (kendilerin yasaları vardır, bu yasalara göre ceza Zerdüşt tapınağında verilirdi. Büyük suç işleyen (onun ailesine ölüm ceza keser... çok ticaret yaparlardı. Yabancılar ticaret için bu ülkeye toplanırdı. Evlilik ve cenaze törenleri Kök Türkler ile aynıdır. Devlet, ataları için mabetler kurup 6. ayda onlara kurban verirler ve bütün ülke buna katılırdı. Genelde Budizm’e inanırlar, Hu dilinde kitapları vardır. İklimi ılımandır, beş çeşit hububat ve sebze yetiştirilir, bölge ağaç bakımından zengindir” (Tokuda, 2010: 79-80).

Metinden de anlaşılacağı üzere o dönem Soğdların inandıkları dinlerin en önemlisi Zerdüştlüktü. Zerdüştlükten yaygın olan diğer din ise Budizm’di. Çin kaynaklarında Yüeci kavmindeki Budizm ve rahipleri hakkında birçok bilgiye rastlanmakla birlikte Soğdiana’daki Budizm hakkında açıkça bir bilgi yoktur. Bu bölgede Soğdca Budizm kitabı henüz bulunmamıştır (Tokuda, 2010: 79-81). Anlaşılan K’ang rahiplerinin erken dönem aktivitelerinde başlıca tekst dili olarak Soğdlu Budistler büyük ihtimalle Sanskritçe ve Prakrit gibi Hint dillerini kullanmışlardır. Yaklaşık olarak VII. yüzyıl dolaylarında Soğdlar Budist tekstleri kendi dillerine ve yazılarına çevirmiş olmalıdır. Budist tekstler Sogdiana’da değil Turfan ve Dunhuang bölgesinde bulunmuştur (Walter, 2006: 61).

Sogdiana bölgesindeki Zerdüştlüğün de Sasani İran’ından farklı bir şekilde yorumlandığı değerlendirilmektedir. Sogdiana’daki yerel kültür unsurlarının Sasani İran’ın Zerdüşst uygulama ve kurallarıyla tamamen örtüşmediği görülmektedir. Örneğin Sogdiana’lıların bir konuyu resimlerle canlandırma uygulamasının, hem Zerdüşst hem de İslam’ın ilkeleriyle uyumlu olmadığı gömme geleneklerinde görülebilir. Sasaniler gibi Orta Asyalı İranlılar, ölülerini, akbabalara kemiğini- etini ayıklatmak için meydana çıkarırdı. İran Platosu Zerdüşstlerinin aksine, kemikleri sonra figürlerle dekore edilmiş kil kemikliklere gömerlerdi (Foltz, 2006: 136-137). Soğdlar kendi ülkeleri dışında da koloniler oluşturdıklarından özellikle yabancı ülkelerde yaşayanlar için Budizm etkisi daha açık görünmektedir.

Sogdlu tüccarlar ve onların İpek Yolu boyunca bulunan ticari toplulukları hakkındaki raporlar, dönem dönem onları Budist veya Zerdüştlüğü yaşayanlar şeklinde tanımlar. İki inançtaki Sogdianalılar hatlar açıkça çizilmemek kaydıyla, bu göç etmiş topluluklar içinde iyi bir şekilde temsil edilirken; Sogdianalılarının dini inanç ve uygulama havuzu, iki geleneğin unsurlarını kapsayabilirdi. Buna ilaveten bahsedilen bu farklı unsurlar arasındaki dengenin de çeşitli Soğdlu topluluklar veya bireyler arasında bile birbirinden farklı olması mümkündür (Foltz, 2006: 137).

İslam Fetihlerinden Sonra Sogdiana’da Budizm ve Zerdüştlük

Sogdiana bölgesi 7. yüzyılın ortalarından itibaren İslam-Arap ordularının hedefi haline gelmiş ve 8. yüzyılın ortalarından sonra da İslam halifeliğinin bir parçası konumuna gelmişti. Dolayısıyla bölgede İslamiyet yayıldı ve Soğdlar büyük ölçüde Müslüman oldular. 9 ve 10. yüzyıllarda bölge halkı büyük ölçüde Müslüman olsa da eski inanç ve değerlere dair izler de canlılığını korumaktaydı.

Buhara’da şehrin güney-doğu kısmında, sonradan Mâh Camii kapısı adını alan yere İslam öncesi devirlerde büyük önem verilirdi. Burada yılda iki defa kurulan panayırda putların, (belki Budist heykelleri) satıldığı Mâh-rûz çarşısı vardı, bu eski gelenek Samaniler döneminde de devam etmişti. Burada satılan heykelciklere talep çok fazla idi. Bu uygulamanın kurucusunun efsanevi Melik Mâh olduğuna inanılırdı. Bu konudaki efsaneye göre panayır orada bulunan bir korunun ağaçlarının gölgesinde kurulurdu, Melik sonradan cami in yapıldığı yerde tahtında oturur ve insanları bu heykelcikleri satın almaya teşvik ederdi. Burada sonradan, panayır, zamanı halkın tapındığı yerde ateşperest mabedi yapıldı, İslam devrinde ise büyük camilerden biri burada inşa edildi. On ikinci asırda Sem’ani, Mâh’ın bir ateşperest olduğu ve Müslümanlığı kabul ettikten sonra evini camiye çevirdiği şeklinde söylenen bir

rivayeti nakletmiştir. Sem’ani’nin zamanında Mâh Camii Kapısı semtinde devamlı bir Pazar yeri bulunmaktaydı (Barthold, 1990: 112-113).

10. yüzyıl müelliflerinden Narşahî’nin naklettiğine göre; *Buhara’da bir Pazar vardı ki, ona Bazar-ı Mah-ruz demişlerdir. Senede iki kere ve her seferde bir gün süreyle kurulur ve her ikisinde de burada put satarlardı. Her gün elli bin dirhemden fazla alış verişi yapıldı. Muhammed bin Cafer kitabında zikretmiştir ki, Bu Pazar bizim zamanımızda da mevcuttu. Ben, bunu yapabilmelerine (buna izin verilmiş olmasına) çok şaşırdım. Yaşlılardan ve Buhara meşayihinden bunun sebebini sordum. Onlar, “Buhara halkı eskiden putperest idi. Bu pazarda put satmak, o dönemden kalma gelenek olup, günümüzde de devam etmektedir dediler”* (Narşahî, 2013: 34).

“...Bu yere önceden insanlar put satın almak için rağbet eder, herkes kendisine bir put alır ve eve götürürdü. Sonra bu yer tekrar ateşhane oldu. Pazar günü insanlar toplanınca hepsi birlikte ateşhaneye girerler ve ateşe taparlardı. O ateşperestlik, İslami döneme kadar devam etti. Müslümanlar bölgeyi ele geçirince oraya mescid bina ettiler. O mescid bugün, Buharanın muteber mescidlerindendir (Narşahî, 2013: 34).

Buhara’da Müslüman yapılar içerisinde en dikkat çeken yapı Cuma camîdir. İlk camî iç kalede, putperestlerin, muhtemelen Budistler’in tapınağının bulunduğu yerde 713 yılında Kuteybe tarafından yaptırılmıştır (Barthold, 1990: 114). Ayrıca yukarıdaki ifadeler Buhara’da; Budizm, Zerdüştlük ve İslam ibadethanelerinin birbirinin yerine geçtiği veya bir arada bulunabildiğini göstermektedir. Frye’e göre; “Buhara” ismi kaynaklarda görece geç bir dönemde görülür. Yaklaşık 630 yıllarında Budist Hacı Hsüan Tsang’ın seyahat notlarında görülmektedir. İlginç bir biçimde Hindistan’da Bihar vilayeti içerisindeki Bukhar kasabası gibi her iki ismin kökeni de “Vihāra” ya dayandığı söylenmektedir. Bu ise genel olarak Budist manastır demektir. Büyük olasılıkla Buhara ismi, (Türkçede buhar) vihāra’dan doğmuştur. Çünkü bir siteye-şehre, en belirgin yapının adını vermek alışılmadık bir durum değildir. Bundan başka Samani döneminin müellifi al-Harezmi’nin dediğine göre “al-buhār”, Hindistan’ın put tapınağının ismidir (Frye, 1965: 34).

Sogdiana’da bulunan 5 ve 8. yüzyıldan kalma Pencikent harabeleri de arkeolojik açıdan kıymetlidir. Buradaki kale ve içindeki harabelerden anlaşılacağı üzere bu şehirde önemli bir miktarda çarşı alanı bulunmaktadır. Coğrafi konum olarak Uşrusene’nin biraz güneybatısında, Türkistan ve Zerefşan dağları arasında Zerefşan vadisinin batı çıkışında bulunan bu kentin önemli bir geçiş yolu üzerinde olduğu İslam öncesi dönemlere ait eserlerden de anlaşılmaktadır. Burada 8. yüzyılın başından kaldığı değerlendirilen Budizm hakkındaki duvar resimleri ve diğer eşyalar, şehrin Budizm’in Türkistan da yayılması konusunda önemli noktalardan biri olduğunu göstermektedir. Bu antik şehir 722 yılında burayı ele geçiren Araplar tarafından yıkılmıştır (Ercilasun, 2015: 150-151). Sogdiana bölgesinde Budizm’e dair izler taşıyan başka mevkiiler de bulunmaktadır.

Buhara’dan yedi veya sekiz fersah uzaklıktaki ikinci büyük köy olan Tavâsîs, Buhara ve varoşlarını çevreleyen surun içindeydi. Şehrin eski adı Erfûd idi. Burada bir putperest tapınağı olduğu gibi, ateşe tapanların da bir ibadethanesi bulunurdu (Barthold, 1990: 103-104). Bu durum Sogdiana tarihi bakımından burada bulunan Budist tapınakların daha sonra Zerdüştlüğe dair ateşgedelere dönüştürülmesi uygulamasına benzemektedir. Yine de Sogdiana’nın Zerdüş ve Budist gelenekleri uzun dönem yaşattığı değerlendirilebilir. Daha sonraki dönemle ilgili olarak Frye’in belirttiğine göre; Sogdiana’da toplumun belkemiğini oluşturan aristokratlar veya dihanlar, muhtemelen eski gelenek ve dinlerini bırakmak, İslam’ı desteklemek konusunda en isteksiz kimseler idiler. Gerçekten İslam’ın, Merkezi Asya’daki ilerleyişi düşünüldüğünden daha yavaştı. 15. yüzyıl kaynaklarından Mollazade’nin (Mollanın oğlu) belirttiğine göre 814 yılında Müslümanlar, kâfirler tarafından Buhara’da katledilmişlerdi (Frye, 1965: 32).

Soğd Diasporasında Budizm ve Budizm’in Yayılmasında Soğdların Roller

Kendi ülkeleri dışında yaşayan Soğdlu topluluklar arasında Budizm güçlü konumdaydı. Yine de kanıtların gösterdiği üzere dışarıda yaşayan yani anavatanlarının dışında yaşayan Soğdlu tüccarlar pratikte sadece Budizm’e

inanmıyorlar, bunun yanında Manihaizm ve Zerdüştlük de onların diasporası içerisinde uygulanıyordu (Xinru, 2011: 58-59).

Budizm'in İpek Yolu'nun daha doğusuna yayılma ve dağılma durumu, tüccar topluluklarıyla irtibatı olan Budizm'i seçmiş küçük Sogdiana'lı gruplar vasıtasıyla gerçekleşmekteydi. Dolayısıyla Sogdiana'lılar, Budizm'in doğuya yayılmasında ana temsilciler arasında yer almışlardı (Foltz, 2006: 70). Hindistan'dan Soğdiana'ya yayılan Budizm, Soğdlular tarafından öncelikle Türkistan topraklarına, ardından Çin'e ulaştırıldı. Çin kaynaklarında da özellikle Buhara ve Semerkant'tan gelen Budist rahiplerin Çin'deki faaliyetlerinden bahsedilmektedir. Araştırmacı Pelliot da M.S. II. ve V. yüzyıllar arasında birçok Budist çevirmenin Soğdca isimler kullandıklarını değerlendirmektedir (Kuzakçı, 2022: 63-64).

Budizm'in yayılması İpek Yolu ticari ağının gelişmesiyle doğru orantılı olmuştur. MS I. yüzyıldan itibaren başlayan Budist okulların çabası sonrasında, Budizm uzak doğuda sağlam bir zemine oturmuştur. İlkın Kaşgar, Kiş, Kuça zamanla Hinayana Budizm'inin merkezi haline gelmiştir. Mahayana Budizm'i ise bu zamanda Yarkent ve Hotan'da geliştirmiştir. Merkezi Asya o zamanlar, kara yoluyla gerçekleşen ticaretin merkezindeydi. Bu nedenle buralar farklı kültürlerin buluşma noktası haline gelmişti. Çin ve Roma arasındaki bu ticaret yolu bu bölgenin içinden geçmekteydi. Kuzey yolu Kuça'ya, Karaşar ve Turfan'a gidiyorken, güney yolu Yarkent ve Hotan, Miran ve diğer merkezlerden geçiyordu. Bu iki rota da nihayetinde Çin'in batı sınırı olan Dunhuang'da birleşiyor ve burası zamanla Budist kültür merkezi haline geliyordu (Puri, 1979: 184). Soğd Budist tekstleri de başlıca olarak Turfan ve Dunhuang'da bulunmuştur. Pek çok Soğdca el yazması Dunhuang'dadır. Turfan'da bulunan metinlerin üçte biri Budizm'le ilgilidir. Diğerleri Manihaizm veya Hristiyanlıkla ilgili metinlerdir. Bütünüyle değerlendirildiğinde, Budist materyaller Soğd yazmaları içerisinde önemli bir yer tutarlar, az bir miktarda Budist tekst Kuça da, Hotan'da bulunmuştur. Buralarda da Soğd kolonisi mevcuttur (Walter, 2006: 70). Budizm'in zamanla Çin içlerine ve başkentlerine taşındığı bilinmektedir.

MS VI. yüzyılın erken dönemlerinde kayıt edildiğine göre Çin'de yaklaşık 2 milyon Budist yaşamaktaydı. Bunların muhteşem manastırları, tapınakları ve yapay mağaraları her yerdeydi. Budizm Çin'de Sui ve T'ang dönemlerinde ise zirvesini yaşadı (Behera, 2002: 5078). Çin'deki Budist rahiplerle ilgili olarak başlıca biyografik kaynaklar; “*Ch'u Santsang chi chi*” M.S. 510 yılında, “*Kao-Seng Chuan*” ise “*Ünlü Rahiplerin Biyografisi*”) 519 yılında derlenmiştir (Walter, 2006: 22). Çin'de Budizm'in yayılma sürecinde ön plana çıkan ünlü on tane Budist rahip bulunmaktadır. Bunların ikisi Parthlı, üçü Yüeci, ikisi Semerkantlı (Soğd) ve üçü Hindistanlıdır. Bunlar sırasıyla “*Ünlü Rahiplerin Biyografisi*” adında kayıt altına alınmıştır (So, 2006: 179-180).

SONUÇ

Sogdiana bölgesinde yaşayan Soğdlar, merkezi bir devlet tesis edemedikleri gibi merkezi bir dine de sahip olamamışlardı. Bazı çalışmalar diğer İranî topluluklar gibi onları da genellikle katı Zerdüştlükler olarak tarif etse de Soğdlar, Zerdüştlüğü kendine özgü bir biçimde yorumlayarak yaşamaktaydı. Soğdlar kendi coğrafyalarına hâkim yabancı topluluklarda uzlaşma konusunda da başarılıydılar. Bu uzlaşma yalnızca siyasi ve idari bakımdan değil kültürel ve dini hayata da yansımaktaydı. Bu bağlamda Sogdiana bölgesine hâkim olan yabancı unsurların dinlere olan yaklaşımı Soğdları da etkilemiş görülmektedir. Soğdların Budizm'le ilişkileri bakımından Büyük Yüeciler ve onların kurduğu Kuşanlar Devletinin olumlu tesirleri olduğu görülmektedir. Kuşanların Budizm'i himaye ve teşvikiyle birlikte Sogdiana bölgesinde ve Soğdlar arasında Budizm yayılmıştır. 2 ve 3. yüzyılda Çine giden Soğd kökenli Budist kimselerin Kuşan hâkimiyetiyle bağlantılı biçimde şekillendiği değerlendirilebilir. Dolayısıyla Doğu Türkistan ve Çin'e doğru Budizm'in yayılım gösterdiği özellikle 2-6. yüzyıllar arası gelişmelerde Soğdların da önemli bir rolü vardır. Sogdiana bölgesine 3. yüzyılda hâkim olan Sasaniler döneminde Budizm'e ve Manihaizm'e gösterilen mesafe ve hatta şiddet Sogdiana'da da etki etmiştir. Yine 4 ve 5. yüzyıllarda Sogdiana bölgesine hâkim olan Türk topluluklarının Budizm'e karşı olumsuz tavırları Soğdiana bölgesinde Budizm'in gerilemesine neden olmuştur.

Göktürk hâkimiyeti altındaki Sogdiana’da Zerdüştlüğün daha baskın olduğu fakat Budizm’in yaşamaya devam ettiği anlaşılmaktadır. Çeşitli dinlere karşı olan müsamahası ile bilinen Soğdlar arasında ve Soğd bölgesinde doğrudan Budizm’e karşı yok edici, kısıtlayıcı bir süreç yaşanmadığı değerlendirilebilir. Zerdüştlük ve Budizm bu bölgede birlikte yaşamayı başarmış, İslamlaşma sürecine kadar da büyük ölçüde böyle devam etmiştir. Soğdiana bölgesi dışındaki Soğd kolonilerinde, Doğu Türkistan ve Çin şehirlerinde yaşayan Soğdlar arasında Budizm’in yaygın bir din olduğu görülmektedir. Çin tarihinde Soğd kökenli rahiplerin kendi dönemlerinde etkin kimseler oldukları görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Barthold, V.V. (1990). *Moğol İstilasına Kadar Türkistan*, Haz. Hakkı Dursun Yıldız, Ankara: TTK Yayınları.
- Beal, Samuel. (1887). Some Remarks on the Narrative of Fa-hsien, *The Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland*, New Series, 19, 2, 191-206.
- Behera, Subhakanta. (2002). India’s Encounter with the Silk Road, *Economic and Political Weekly*, 37, 51, 5077-5080.
- Czegledy, Karoly. (2009). *Gündoğusundan Günbatısına Bozkır Halklarının Göçü*, Çev. Günay Karaağaç, İstanbul: Kesit Yayınları.
- Enoki, Kazuo. (1959). On the Nationality of the Ephthalits, *Toyo Bunko*, 18, 1-58.
- Enoki, Kazuo. (1969). On The Date of The Kidarites, *Toyo Bunko*, 27, 1-26.
- Ercilasun, Konuralp. (2015). Eski ve Orta Çağlarda Tacikistan Coğrafyası ve İpek Yolu, *İpek Yolu*, Ed. Ahmet Taşağıl, İstanbul: TKHV, 135-154.
- Foltz, Richard. (2006). *İpek Yolu Dinleri*, İstanbul: Medrese Yayınları.
- Frye, Richard N. (1965). *Bukhara, The Medeval Achievement*. University of Oklohama Press.
- Grenet, Frantz. (2006). Iranian Gods İn Hindu Garb: The Zoroastrian Pantheon of the Bactrians and Sogdians, Second-eight Centuries, *Bulletin of the Asia Institute*, New Series, 20, 87-99.
- Kırılren, Gürhan. (2015). *Budizm ve Orta Asya: Xuan Zang Seyahatnamesi*, Ankara: Gece Kitaplığı Yayınları.
- Kuzakçı, Başak. (2022). Soğd Türk İlişkileri (V-VIII. Yüzyıllar), Doktora Tezi, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul.
- Narain, A.K. (2000). İç Asya’da Hint Avrupalılar, Çev. L. Köker. *Erken İç Asya Tarihi*, Der. D. Sinor, Ankara: İletişim Yayınları.
- Narşahî, Ebû Bekr Muhammed b. Ca’fer. (2013). *Târîh-i Buhârâ*. Ter. Erkan Göksu. Ankara: TTK Yayınları.
- Puri B. N. (1979). Central Asia and Its People’s Role in Ancient Indian History, *Prolegomena, To The Sources on The History of Pre-Islamic Central Asia*, Akademia Kiade, Budapeşt, 181-186.
- Scott, David. (2007). Manichaeism İn Bactria; Political Patterns East-West Paradigms, *Journal of Asian History*, 41, 2, 107-130.
- Skaiff, Jonathan Karam. (2003). The Sogdian Trade Diaspora in East Turkestan During The Seventh and Eighth Centuries, *Journal of The Economic and Social History of The Orient*, 46/ 4/.
- So, Francis K.H. (2006). Travels, Contact and Conversion: Chinese Rediscovery of the West”, *Monumenta Serica*, Pub. Taylor –Francis ltd, 54, 165-184.
- Starr, S. Frederick. (2019). *Kayıp Aydınlanma*, Çev. Y. S. İnanç, İstanbul: Kronik Yayınları.

- Stavisky, B. J. (1990). Buddhist Monuments of Central Asia and the Sasanians, *Bulletin of the Asia Institute*, New Series, Vol. 4, İn Honor of Richard Nelson Frye: Aspects of Iranian Culture, 67-170.
- Tokuda, Hisaji. (2010). *Uygur-Çin Ticari İlişkilerinin Gelişimi (8-9. Yüzyıllarda)*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Ens. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Toynbee, Arnold J. (1924). Notes on the History of the Oxus-Jakartes Basin, *Bulletin of the School of Oriental Studies*, University of London, 3, 2, 241-262.
- Walter, Marika Namba (2006). *Sogdians and Buddhism, Sino-Platonic Papers*, Ed. Victor H. Mair, University of Pennsylvania, 1-89.
- Xinru, Liu. (2011). A Silk Road Legacy: The Spread of Buddhism and İslam, *Journal of World History*, 22, 1, 55-81.

SOĞDLARDA DANS, MÜZİK VE EĞLENCE KÜLTÜRÜ**Doç. Dr. İbrahim ONAY****Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Tarih Bölümü****Çankırı/Türkiye,****ibrahimonay06@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5277-4807>****Özet**

Batı Türkistan sahasının halklarından olan Soğdlar, İranî bir topluluk olarak yerleşik hayatın temsilcisiydiler. Soğdiana bölgesindeki çeşitli kent devletlerinde yaşayan bu halkın, yerleşik hayata dair olan zirai faaliyetlerle ve de ticaretle uğraştıkları bilinmektedir. Yine bölgede yaşayan insanların sosyal yaşamlarında müzikli, danslı eğlenceler tertip ettiği ve bölgenin ziraata uygun yapısıyla bağlantılı olarak üzüm şarabı tüketiminin oldukça yaygın olduğu bilinmektedir. Kaynaklar Soğdların yılın belli dönemlerinde çeşitli festivaller düzenlediklerini ve bu festivallerde dans edip şarkılar söylediklerini de nakletmektedirler. Bunların yanında ziyafetler verilir, içkiler içilir, müzisyenler, dansçılar, akrobatlar ve hikâye anlatıcıların da yer aldığı eğlenceler tertip edilirdi. Sogdiana'daki çeşitli kentlerdeki duvar resimlerinde de Soğdların davetleri ve bu davetlerde sergilenen müzik, dans gösterileri resmedilmiştir. Soğdlar İpek Yolu ve Baharat Yolu üzerinde etkin tüccarlar olarak müzik ve dans gibi sosyal- kültürel hayata dair uygulamaları geliştirdiler ve bunların ticari yollar üzerinde dağılmalarına aracılık ettiler. Soğdların bu konulardaki yetenek, bilgi ve uygulamaları yabancılar tarafından takdir edilip beğenildiğinden özellikle Çin'de kurulan çeşitli Hanedanlıklarda müzik ve dans konusunda Sogdiana kökenli kişilerin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Çin'de yaşayan Soğdların da müzikli ve içkili davetler gerçekleştirdiği aynı zamanda bu davetlerde dans gösterilerinin gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır. Çin'deki Soğdların yöneticisi konumunda olan bazı Sabao - Sa-pao'ların mezar resimlerinde bu müzikli, danslı davetler ve buna dair geleneksel uygulamalar resmedilmiştir. Türklerin hâkim olduğu coğrafyalarda da Soğd müzik ve dansının bilindiğine dair örnekler mevcuttur. Dolayısıyla Soğdlarla yakın ilişki içinde olan toplumlarda da bunun yansımalarını görmek mümkündür. Soğdların dansı kendileriyle o kadar bütünleşmiştir ki "Hu" dansı olarak da tanımlanmıştır. Türkistan tarihinde bu dansın temsiliyle ilgili önemli kişiler ve yaşanan tarihsel olaylara dair kayıtlar bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Soğd, Müzik, Eğlence, Dans

THE CULTURE OF ENTERTAINMENT, DANCE AND MUSIC AMONG THE SOĞDIANS**Assoc. Prof. Dr. İbrahim ONAY****Çankırı Karatekin University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of History,
Çankırı/Turkey****ibrahimonay06@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5277-4807>****Abstract**

The Sogdians, a people of the West Turkestan region, were an Iranian-speaking community who led a settled way of life. It is evident that the people inhabiting the various city-states within the Sogdian region engaged in agricultural practices and trade as integral components of their established way of life. It is also known that the people living in the region organised musical and dance-filled festivities as part of their social life, and that the consumption of grape wine was quite widespread, linked to the region's suitability for agriculture. It is also reported by various sources that the Sogdians organised a variety of festivals at specific times of the year, during which they engaged in dancing and singing. In addition to this, feasts were held, libations were imbibed, and entertainments were organised featuring musicians, dancers, acrobats and storytellers. Wall paintings in various cities across Sogdiana also depict Sogdian banquets and the music and dance performances showcased at these gatherings. The Sogdians were an active trading community along the Silk Road and the Spice Route, and were instrumental in the dissemination of social-cultural practices such as music and dance. As the Sogdians' skills, knowledge and practices in these areas were appreciated and admired by foreigners, it is understood that individuals of Sogdian origin were employed in the fields of music and dance, particularly in the various dynasties established in China. It is understood that the Sogdians residing in China also engaged in musical and wine-fuelled banquets, during which dance performances occurred. The tomb paintings of certain Sabao-Sa-pao figures, who occupied positions of authority amongst the Sogdians in China, depict these musical and dance-filled banquets and the associated traditional practices. There is also evidence to suggest that Sogdian music and dance were known in regions under Turkic rule. Consequently, it is possible to observe reflections of this in societies that maintained close ties with the Sogdians. The Sogdian dance was so profoundly intertwined with their identity that it was also referred to as the 'Hu' dance. The annals of Turkestan's history are replete with records of notable figures and historical events that are intrinsically linked to this dance.

Key Words: Sogdian, Music, Entertainment, Dance.

GİRİŞ

Batı Türkistan sahası halklarından Soğdlar, İranî asıllı ve yerleşik hayatın temsilcisi bir topluluk idiler. Çeşitli kent devletlerinin bulunduğu Sogdiana bölgesi toprağın durumu ve sulama imkânları nedeniyle zirai faaliyetler bakımından son derece uygundu. Bölgenin coğrafik durumu ve ticaretin gelişmesi, Soğdların kendi ülkelerinden çıkarak ticari faaliyetlerde bulunmalarına ve tüccar kimliği kazanmalarına da neden olmuştu. Bu sayede Soğdlar farklı topluluklarla tanışma imkânı bulmuş, çeşitli kültürlerin, dillerin ve dinlerin yayılmasına aracılık etmişlerdir. Soğdların, diğer İranî topluluklar dışında; Çinliler, Türkler ve Araplarla yakın ilişkiler kurdukları bilinmektedir.

Soğdların sosyal hayatının da, çeşitli faktörlerle birlikte iktisadi ve dinî hayatlarının etkileriyle şekillendiği değerlendirilmektedir. Soğdlar, sosyal hayatta genellikle eğlenceye düşkün, şarap tüketen, müzik ve dansla ilgilenen bir toplum olarak tarif edilmektedirler. Bu nitelikler özellikle ticari yollar vasıtasıyla başka toplumlara da taşınmıştır. Bu nedenle Soğdların tarihi ve bu niteliklerinin tespiti için onların diğer topluluklardaki tarihlerinin de araştırılması gerekmektedir. Üstelik bu yönüyle Soğd tarihi araştırmaları; Çin tarihi, Türkistan tarihi ve Türk tarih çalışmaları bakımından da anlam kazanmaktadır.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Soğdlar Batı Türkistan'da Sir-derya ve Amu-derya arasındaki bölgede yaşamaktaydılar. Burada, birbirinden bağımsız fakat çoğu zaman Semerkant'ın öne çıktığı çeşitli kent devletleri bulunmaktaydı. Soğdlar, ülkelerinde o dönem için gelişmiş sulama teknikleri kullanarak zirai üretim yaptılar. Bu bölgenin suyunun kalitesi ve yetiştirilen zirai ürünler arasında özellikle üzümün niteliği çeşitli kaynaklar tarafından övülerek bahsedilmekteydi. Yine bu bölgede çok güzel atlar da yetiştirilmekteydi. Soğdlar büyük ölçüde ziraat ve ticaretle uğraşmaktaydılar.

Sogdiana bölgesinin yerleşik halkı Soğdlar, sosyal hayatta; eğlence, dans ve müzik konusunda gelişmiş bir kültüre sahiptiler. Kaynaklar onların bu özelliğine vurgu yapmaktaydılar. Çinli elçi Wei Tsie 607 yılında Semerkant'ta bulunmuştu. Buradaki "Yaz festivali" onun tarafından tarif edilmiştir. Bu dönem 11. Baktriyen ayı "Dematrigano", Demeter festivalini içermekte idi (Azarnoush ve Grenet, 2007: 174). O, Batı Barbarlarıyla ilgili hatırasında, K'ang Krallığında halkın musikiden hoşlandığını belirtmekteydi. Çin kaynağı T'ang-şu'ya göre; (CCXX1, b, s. 1 vd). K'ang ülkesine Sa-mo-kien (Semerkant) da denilir. Yüan Wei'ler zamanında Si-wan-kin deniliyordu. An (Buhara), Ch'ao (Kabuzan), Şe (Taşkent), Mi (Maymarg), Ho (Kuşanya), Hu-siun (Harezmi), Mu-ti ve Şi (Keş)dir. Bunlara halk arasında 'Dokuz Aile' derler. Hepsi Çao-wu ailesinden inmedir. Toprak verimli ve tahıl üretimine uygundur. Bu değişik prensliklerde yaşayanlar şarabı severler. Yollarda şarkı söyleyip raks etmeye bayılırlar (Chavannes, 2007: 182-185). (T'ang-şu, CCXX1, b, s. 1 vd.) K'ang ülkesinde: On ikinci ayda tambur çalar ve soğuk dansı yaparlar. Eğlence olsun diye birbirlerine su serperler şeklinde bir bilgi bulunmaktadır (Chavannes, 2007: 185).

Henning'in işaret ettiği ve pek çok delilin gösterdiği üzere İranlılar, geçmişte şarap içici bir toplum idi (Henning, 1965: 244-245). Soğdlar kendi vatanlarında çok çeşitli eğlenceler, aktiviteler düzenlerlerdi. Pek çok şehir evi duvar resimleri ile süslüydü ve duvarlara onların keyifli, mutlu sahneleri resmedilirdi. Bunların yanında ziyafetler verilir, burada içkiler içilir, müzisyenler, dansçılar, akrobatlar ve muhtemelen hikâye anlatıcıların da yer aldığı eğlenceler tertip edilirdi (Xinru, 2011: 60). Dolayısıyla Soğdlar, müzik, dans ve eğlence konusunda gelişmiş bir toplumdur. Bu nitelikleri büyük ölçüde iktisadi ve dini hayatlarıyla birlikte şekillenmişti. Soğdlar yerleşik ve zirai bir halk olarak üzüm yetiştirip, şarap üretiyor ve dini değeri olan festivaller gerçekleştiriyorlardı. Ayrıca Soğdların hem Çin'e hem de Hindistan'a ulaşan ticari yollar üzerinde etkin olmalarının da onların bu mânâdaki niteliklerine tesir ettiğini değerlendirmek mümkündür.

Sogdiana Dışında Soğd Müziği

Ticaret yollarının ve özellikle İpek Yolu'nun gelişmesi Soğdlar gibi Batı halklarının, müzik, dans gibi eğlence unsurlarının yabancı topluluklar tarafından tanınmasına yol açmıştır. Bu durum ise Soğdların bu türden nitelikleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmamıza imkân vermiştir.

Öncelikle ünlü Çinli elçi- gezgin Chang Ch'ien'in, Xi Yu (Türkistan)'ye gittiği (MÖ 122) yıllarda, Orta Asya müziği Çin'e girmeye başlamıştır (Okay, 2021: 91). Bu süreç daha sonra da devam etmiştir. MS III ve IV. yüzyıllarda Türkistan'a gelen Çin ordularının, Orta Asyalı müzisyen, bilgin ve tercümanları toplayıp Çin'e götördükleri bilinmektedir (Ögel, 2015: 443-444). İpek Yolu ticaretinin gelişmesiyle birlikte Batı bölgelerinin kültürel unsurları Çin'e doğru hareket etmiş ve zamanla Çin içlerine yerleşmiştir.

Bu vesileyle Kuzey Çin'de yerli Çin musikisi kaybolup yerine Kansu da ticaret kolonilerinde, müzisyen dans gruplarının musikisi olan ve Batı Türkistan'dan gelen müzik geçerli olmuştur (Eberhard, 2007: 188). Soğdlar arasında yaygın olan ve VI. ve VII. yüzyılda yerel gelenek ve değerlerle karışan Budizm ve Zerdüştlük gibi dinsel pratikler de ticari girişimcilik sayesinde yayılmıştır. Bu kültür; içki, müzik ve dans gibi yerel unsurların, Helenistik ve göçebe unsurlarla karışarak, gelişmesiyle paylaşılmıştır (Xinru, 2011: 61-63).

İpek Yolu, yabancı müzisyenlerin Çin'e gelmesinin başlıca sağlayıcısı olmuştur. İpek Yolu üzerindeki ticaret T'ang dönemine kadar en yüksek seviyesine yükselmişti. Bu hızlı ticari artış ve ticari ağ, yabancı müzisyenleri Çin'e doğru götüren bir akım yaratmıştı. Kervanlar, özellikle Çin başkenti Chang-an'a sık sık geliyorlardı. Burası o zamanların en kozmopolit yerlerindendi. Yabancı tüccarlar ve onların yanlarındaki müzisyenler bu dönemde sıklıkla görünmekteydi (Furniss, 2009: 37). Güney, Kuzey Hanedanlıkları (420-580) döneminde kurulmuş olan Güney Hanedanları geleneksel Çin müziğine ilgi duyarken Kuzey Hanedanları ise Orta Asya müziğine ilgi duymuşlardı (Okay, 2021: 91). Arkeolojik kanıtların gösterdiği üzere Çin'in kuzeyinde yabancıların kurduğu Hanedanlıklarında kral ve yöneticilerin pek çoğu yanlarında kendi müzisyenlerini de getirmişlerdi (Furniss, 2009: 38). Kuzey Hanedanları döneminde "Batı Bölgelerinden" (Türkistan) gelen müzisyenlerin çoğu, Qiu Ci (Kuça), An (Buhara) ve Yu Tian (Hotan) gibi ülkelerden gelmişlerdir. Özellikle Kuzey Ch'i Hanedanlığı ve Kuzey Chou Hanedanlığı zamanlarında gerek coğrafi özellik gerekse mevcut kan bağları nedeniyle Batı Bölgeleri ile olan ilişkiler daha da gelişmiştir (Okay, 2021: 91). Kuça müziğinin de harika olduğunu belirtmek gerekir. Çinliler orkestralarıyla birlikte Kuça müziğini de Çin'e götürmüşlerdi. Pek çok Kuça müziğini kayıt altına almışlardı. Hotan'da ise Hintce ismi "Gamdhava" olan müzik türünün geliştiği belirtilir. Zira Hotan yazmalarında da (tekstlerinde) müziğe sık sık referans yapılır (Bailey, 1971: 29). Sogdiana kökenli kimseleri ise belli ölçüde soy isimlerinden tanımlamak mümkündür.

Kuzey Ch'i dönemi 561 yılında, Orta Asya kökenli pek çok kişi müzik ve dans alanındaki yetenekleri sayesinde hükümdarlar tarafından ödüllendirilmiştir. Bunlara örnek "Cao Miao Da" adındaki kişi Cao (Kebud; Keshbud) An Mo Ruo ve An Ma Ju adındaki kişiler ise An (Buhara; Partava) şehridir (Okay, 2021: 59).

Türk müziği dâhil çeşitli milletlerin müziklerinden Ch'i - Chou döneminden itibaren imparatorluk orkestrasınca faydalanılmış, bunlar T'ang imparatorluğunun selefleri tarafından kaydedilmiştir (Gumilev, 2004: 223-224). Meşhur Göktürk prensesi Aşina'nın, Kuzey Chou İmparatoru ile evlenmesi sırasında yanında pek çok Hu'nun da var olduğu ve bunların Çin sanatında önemli etkiler de bulundukları başka kaynaklarda da nakledilmektedir. Muhan Kağan'ın kızının evlenmek üzere Çin topraklarına gelişi Çin tarihi açısından önemli sonuçlar doğurmuştu. Sui-şu'da; prenses A-şi-na ile Kuzey Çovların imparatoru Wu-ti'nin evlenmesi (568) nedeniyle Orta Asya'daki halkların müzikleri Çin'e getirildi. "İmparator imparatoriçeyi (A-şi-na) kuzey barbarlardan (yani T'u-küe'lerden!) gidip getirdiğinde onlardan K'ang (Semerkant), Kiu-tse (Kuça) ve başka devletlerin ele geçirmiş oldukları müziklerini aldı" (Tsay, 2006: 600).

A-shi-na prenses ile Ch'ang-an'a gelen Kuçalı Sucup adında bir müzikolog, Çin'de "12 Melodi Kanunu"nu yazmış ve burada "Müzişyenlerin şefi" unvanını almıştır. Çin Müziğinde devrim yaratan bu eser Japonya'ya kadar ulaşmıştır (Baykuzu, 2005: 106-107). Yine de görüldüğü üzere Chou döneminde Sogdiana kökenli şehirlere ait olan müzik, sarayda temsil edilmiştir. Bu durum Sui Hanedanlığı döneminde de devam etmiştir.

589 yılında Sui İmparatoru Wen-ti, Güneydeki Hanedanlıktan Ch'en'leri yendikten sonra Çin'in içerisindeki kaotik müzikal sisteme el attı. 7 dala ayrılan Sui müziği şu şekilde idi.

- 1) Kuo-chi (Ulusal Muzik) veya Hsi-liang-yüeh (Batı Liang Müziği)
- 2) Ch'ing-shang-chi (Çinin Popüler Müziği)
- 3) Kao-li-chi (Kokuryo Muziği)
- 4) T'ien-chu-chi müziği (Hint Müziği)
- 5) An-kuo-chi (Buhara Müziği)
- 6) Kuei-tz~u~chi, (Kuça müziği)
- 7) Weng-kang-chi (Yeni Saray Müziği)

Bu müziklerin yanında Su-le (Kaşgar), Fu-nan, K'ang-kuo (Semerkant), Pai-chi (Pekche), Tu-chüeh (Türkler), Hsin-lo (Silla) ve Wo-kuo (Japon) müzikleri yukarıda saydığımız müzik dallarının içerisine karışmış idiler (Harada, 1971: 58).

Sui Hanedanlığı döneminde 580 yıllarında müzik alanında başarılı çalışmaları olan kişiler ise şunlardır: Bai Ming Da, Qiu Ci (Kuça) ülkesindendir. An Jin Gui, (Buhara, Partova) ülkesindendir. K'ang Kun Lun, (Kang; Semerkand) ülkesindendir (Okay, 2021: 59). Bunların pek çoğunun Sogdiana bölgesinden olduğu anlaşılmaktadır.

Yine 610 yılında, Sui Hanedanlığı hükümdarlarından Sui Yang Ti, müzişyenlere emir vererek Çin müziğinin derlenmesini ve sınıflandırılmasını ister. Yapılan çalışma sonucunda "9 Tür Müzik" ortaya çıkar (Okay, 2021: 92). Bunlar: Ch'ing-yüeh (Ch'ing müziği), Ch'ing-shang-yüeh, Hsi-liang (Batı Liang), Kuei-tzu (Kuça), T'ien-chu (Hindistan), K'ang-kuo (Semerkant), Su-le (Kaşgar), An-kuo (Buhara), Kao-li (Korede), Li-pi (= Wen-k'ang-yüeh). Böylece ilk defa Ch'ing-shang-yüeh, ilk sıraya yükselmiş ve Hsi-liang-yüeh ikinci plana düşmüştü (Harada, 1971: 58-59).

T'ang Hanedanlığının yeni kurulduğu zamanlarda ise, Sui Hanedanlığı döneminde kurulmuş olan müzik sistemi aynen uygulanmıştır. Bu dönemde Orta Asya'dan Çin'e yabancılarla birlikte gelen müzik de artmaya devam etmiştir (Okay, 2021: 93). Böylece T'ang hanedanlığının ilk yıllarında geleneksel Ch'ing-yüeh müziği ile yeni yükselen Hu-yüeh (yabancı müziği) müziği harmoni etmeye çalışılmıştır. Böylece T'anglar, Hu-yüeh müziğini alarak saray müziği içerisinde kullanmaya başladılar. Bunun sonunda saray müziği düştü ve yabancı müziği Çin müziğinin merkezinde yer alamaya başladı (Harada, 1971: 58-59). Bahse konu Hu müziğinin Çin müziğinin gelişimine olan büyük katkısı biliniyor. Melodilerdeki ya da Hu müziğindeki "Hu" sözcüğü yalnızca kuzey barbarlarına değil, daha büyük ölçüde batı barbarlara da, yani Orta Asya halklarına işaret ediyordu. Çünkü Dokuz Bölüm'ün müziği (Kiu-pu-yüeh) denilen ve T'anglar tarafından daha başından itibaren Sui'lerden devralmış oldukları müzik Kiu-tse (Kuça), An Devleti (Buhara), Su-le (Kaşgar) ve K'ang Devleti (Semerkant) müziğini de kapsıyordu. Daha sonra Kao-ç'ang (Turfan) müziği de buna eklendi (Tsai, 2006: 599). Bu da özellikle Soğdların Çin müziğine olan etkilerini göstermekteydi.

T'ang De Zong Döneminde; K'ang (Semerkant) ülkesinden gelen Kang Kun Lun adındaki kişi yeni tür müzik çalışmaları yapmış, başarılı bir müzişyendi. T'ang Mu Zong Döneminde, Cao Bao, Cao Shan Cai ve Cao Gang adlarındaki müzişyenler ise Cao ailesinin bireyleriydi ve aslen Cao (Kebud) ülkesinden idiler (Okay, 2021: 96-97). Mi (Maimarg) asıllı Mi Jia Rong, Mi He Long, Mi He Jia, Mi Wan Chui adındaki kişilerin, T'ang döneminde müzik yeteneklerini kullanarak yüksek mevkiler elde ettiği belirtmekteydi (Okay, 2021: 60).

Çin’de Müzikle tedavi yöntemi de geliştiren Ts’ao Hsiao-k’uei, aslen Semerkantlı olup 713-741 yıllarında Çin başkentinde bulunmuş ünlü bir müzisyendi (Baykuzu, 2005: 106-107). Pei Shih ve Sui shuya göre Ts’ao krallığı ve onun merkezi Na-mi (Zerefşan) nehrinin birkaç li güneyinde idi (Scaglia, 1958: 25). T’ang devrinde en iyi p’i-p’a yapan bir Ts’ao ailesi vardı Bunun nasıl bir aile olduğu söylenmemekle beraber, bunun Ts’ao-kuo ’dan gelmiş bir aile olması muhtemeldir. Her halde p’i-p’a ’nın aslında bir Çin çalgı âleti olmadığı, tıpkı K’ung-hou gibi, her ikisinin de daha Han devrinde, yani gerek Soğd gerek diğer batı halklarından birçok şeyler alındığı bir dönemde görünmüşlerdi (Eberhard, 1942: 174-175). Dolayısıyla T’ang Hanedanlığının bir döneminde yabancı etkisinin özellikle kültürel anlamda çok belirgin olduğu değerlendirilmektedir. Bunların önemli bir bölümü de Soğdlarla ilgili görünmektedir. Bu durum Çin şiirinde de ifade bulmuştur.

Po chüë-i (772-846) “Shih-shih chuang” (Hayatın son modaları) adlı şiirinde; Yüan-ho dönemindeki (806-820) kozmetik modası, saç şekilleri, dudak boyaları ve alıklardan bahseder. Bunların Çinli stilinde olmadığını belirtir. Wang Chien, (768-830) Liang-chou hang (Liang-chou’nun şarkısı) adlı ballad’ında Çin’deki yabancı hayranlığını dile getirir ve Lo-yang daki her ailenin “hu müziğini” öğrenmeye çalıştığını anlatır. Burada Lo-yang temsili olarak seçilmiş herhangi bir şehirdir, çünkü diğer şehirlerde de aynı eğilimin olduğunu söylemek mümkündür (Ishida, 1961: 39-40).

Yüan Chen tarafından (779-831) yazılmış Fa-ch’ü adlı şiirde zamanındaki “hu” damak tadı, tarzı nitelikleri hakkında bilgiler vermektedir. Bu pasajlarda bize “An Lu-shan İsyanının olduğu günlerden beri Hsien-yang ve Lou-yang, hu askerlerinin çadırları ile doldu ve onların yiyeceklerinin kötü kokusu ile” böylece hu damak tadı Çin’in içine girdi. “Kadınlar” şair devam ediyor ve kadınlar hu erkekleriyle evliler, hu tarzında kozmetik ürünler kullanıyorlar; şarkıcılar hu müziğini seviyor ve onu öğrenmeye çalışıyorlar. Son zamanların üç modası; hu müziği, hu askerleri ve hu kozmetikleridir. Bunlar elli yıldır üstünlüğünü devam ettirmek için uğraşıyorlar (Ishida, 1961: 39-40). Burada Hu ile kastedilenin büyük ölçüde Soğdlar olduğu değerlendirilebilir.

Sapao- Sa-pao’ların Hayatında Eğlence, Müzik ve Dans

Soğdlar toplum olarak ticari konularda son derece başarılı idiler. Özellikle İpek Yolu rotaları üzerinde ve Çin’de Soğdlu tüccar toplulukların kolonileri bulunmaktaydı. Bu kolonilerin yöneticisi konumunda bulunan Sapao-Sa-pao unvanına sahip yöneticiler, kendi halkının ihtiyaçlarını karşılamak ve Çin yönetimine karşı olan sorumluluklarını da yerine getirmek durumundaydı. Ayrıca bunlar ticaretin gelişime bağlı olarak son derece zenginleşmişler.

Soğdlu tüccarların zenginliği ve verdikleri ziyafetler Çin deki mezar resimlerinde de gösterilmektedir (Xinru, 2011: 60). Örneğin Shansi de Taiyuan da, VI. yüzyıla ait Sui Hanedanlığı mezarlarında, ismi Yu Hong olan Sabao’nun mermer lahitinde kabartma ve boyamalarla bir panelde Yu Hong ve eşi tasvir edilmiştir. Onların, saçaklı bir platformda otururken, etraflarında sergilenen müzikal ve dans performanslarından hoşlandıkları görülmektedir. Bu performansı sergileyen yabancılar da, şort ve kuşaklı kaftan giymişlerdir. Müzisyenlerin performans sergiledikleri enstrümanların pek çoğu Merkezi Asya kökenlidir. Bunların içerisinde pipa, geniş harp, saat cam tamburu, ziller, dikey obua veya flüt ve dönüştürülmüş flüt bulunmaktadır (Furniss, 2009: 38-39).

Benzer biçimde Sabao Wirkak’ın cenaze anıtındaki panellerinin dördüncü sahnesinde de çift, içki içerek, dansçı ve müzisyenler ile eğlenmektedirler. Bunların çaldığı enstrümanlar da Merkezi Asya’ya aittir (Grenet ve Riboud, 2003: 134). Sabao Wirkak’ın hayatına, yaşamına dair unsurlar, onun evinde sürekli resepsiyonlar verdiği ve müzikli, yemekli ziyafetler düzenlediğini göstermektedir (Dien, 2003: 106-107). Dolayısıyla Soğdlar, Sogdiana bölgesinde uyguladıkları geleneksel eğlenceleri, Çin sınır şehirlerinde ya da başkente yakın yerlerde de uygulamıştır.

Sogdlar ve Dans Yeteneği

Geçmişte, Orta Asya'dan bütün orkestralar ve özellikle küre üzerinde veya desenli halı üzerinde dans etmesini bilen dansözler (çoğu zaman Kuça şehri zikrediliyor) Çin'e getiriliyordu (Eberhard, 2007: 222). Çin kaynağı T'ang-şu da; Hotan halkının şarkı söylemeyi ve raks etmeyi sevdiğini söylemektedir (Chavvannes, 2007: 173-174). Anlaşılan dans ve müzik konusunda Orta Asya'da önemli bölgeler ve şehirler bulunmaktaydı fakat Sogdiana bölgesinin bu konuda özel bir yeri olduğu görülmektedir.

Çin kayıtları T'ang-şu, K'ang (Soğdiana) halkının yollarda şarkı söyleyip dans etmeye bayıldığını ve on ikinci ayda tambur çalarak soğuk dansı yaptıklarından söz eder (Chavannes, 2007: 185). Dans yeteneği ve gösterilerinin Sogdiana'da yaygın olduğu anlaşılmaktadır.

Merkezi Asya'nın müzisyen ve dansçıları deve veya at üzerinde Çin'e vardıklarında, müzik ve dansın özellikle Semerkant müziği ve dansının Çin'de çok popüler olduğu belirtilmektedir (Xinru, 2011: 60). Çin'deki yabancı müziği, dansı, akrobatik şöhrerler, hokkabazlık, polo oyunu, tavla oyunu, ahşap mozaigi, gibi unsurlar çoğu zaman İran kültürünün bir yansıması olarak görülmektedir (Ishida, 1961: 39-40).

Bunun en önemli temsilcisi de Soğdlardır. Zira Soğd etkisi Çin'de İmparatorluk saraylarına ulaşmıştır. Örneğin Sui shu, Kuzey Ch'i Devletin (MÖ 550-577) son yıllarında, sarayda "Hu Xuan" dansı yapıldığını belirtir (Dien, 2003: 105). Bu dans "Hu Xuan Dansı", (K'ang Guo "Semerkand" Dansıdır) Bu dans türünde kızlar ellerini havaya kaldırarak dönerler. Sağa sola dönüşler yaparlar. Göze hoş görünen bu dans, müzik bitinceye kadar devam eder (Okay, 2021: 95). T'ang Hanedanlık kayıtlarındaki ifadelerde "İki dansçı kırmızı bluzlar içinde, ipek kumaştan yakalıklar ve yeşil eldivenler, yeşil şapka, ipek pantolonlar, kırmızı botlar ve bellerine beyaz kuşak sarılmış bir vaziyette resmedilirler. Onlar rüzgâr gibi dönmektedirler. Bu yüzden Hu Xuan= Soğdlu dönme dansı olarak tanımlanır. Enstrümanları ise iki flüt, bir ana davul, bir ikinci davul ve bir çift piriñ zildir (Xinru, 2011: 60).

Shansi de Taiyuan da, VI. yüzyıla ait Sui Hanedanlığı mezarlarında ismi Yu Hong olan Sapao'nun mermer lahitinde kabartma ve boyamalar kullanılmıştır. Üst tarafta bir panelde Yu Hong ve eşi tasvir edilmiştir, saçaklı bir platformda otururken, müzikal ve dans performanslarından hoşlandıkları görülmektedir. Bu görsellerde merkezi pozisyonda dans eden kadın figürleri performanslarını sergilenmektedir. Bu dans türüne "Sogd Dönmesi" deniliyordu. Bu dans stili, Sui ve T'ang döneminde Çin sarayında son derece popüler olmuştu (Furniss, 2009: 38-39). Sabao Wirkak'ın anıt panellerinin dördüncü sahnesinde de bir çift birlikte içki içerek dansçı ve müzisyenler ile eğlenmektedirler (Grenet ve Rıboud, 2003: 134). T'ang döneminde en beğenilen diğer iki dans türü Zhe Zhi Dansı: (Shi Guo Taşkent dansıdır) ve Hu Teng Dansıdır (Shi Guo, Taşkent dansıdır) (Okay, 2021: 95). Bu iki dans türünün de Sogdiana şehriyle ilişkili olması dikkat çekicidir.

T'ang Hanedanlığı döneminde dans eden kimselerin bazen önemli konumlara yükseldiği de görülmektedir. Bunlardan biri de Sogdiana kökenli An Chi Nu'dur. Tang Gao Zu döneminde; 618 yılında An Chi Nu, "San Q Shi Lang" (Sarayda ya da saray dışında atla giderken hükümdara eşlik eden "danışman") mânâsında bir unvan almıştır (Okay, 2021: 95). Bu kişinin adını değerlendirdiğimizde Soğdlu olduğunu varsayabiliriz.

Dans konusunda ilgi çekici kimselerden bir diğeri de Türk, Soğd melezi olan Çinli general-vali An Lu-shan'dır. Kaynakların belirttiğine göre kırk beş yaşından sonra An Lu-shan giderek şişmanlamış ve yüz elli kiloya kadar çıkmıştı. Çin kaynakları onun şişmanlığını oldukça abartılı anlatsalar da kilolarına rağmen "Yabancı (hu) dansı" denilen ve dönerek yapılan dansı (K'ang-kuo'dan gelmiş) çok sevdiğini ve bunu da çok güzel oynadığını söylemekteydiler (Baykuzu, 2013: 64).

Göktürklerde Soğd Dansı

Göktürkler İpek Yolu'nun ve Sogdiana'nın hâkimi olarak Soğdları tanıyorlardı. Soğdlar Göktürk hâkimiyeti altında ticari faaliyetler icra ederken Göktürk merkezinde de Soğd topluluklarının olduğu biliniyordu. Bu nedenle

Soğdlara dair kültürel unsurların da bir bölümünün burada bulunması doğaldır. Kaynakların belirttiğine göre; Göktürklerin dilini bilen az sayıda Çinliden biri olan Liu Şi-ts'ing, Kuzey Ch'i'lerin yönetimi altında Nirvâna-Sutra'yı Göktürklerin diline tercüme etmişti. Bir diğeri de Wu Yen-siu idi. Bu kişi ise, 698 ile 705 yılları arasında Göktürkler tarafından alıkonulduğu için onların dilini anlıyordu. Onların şarkılarını söyleyebiliyor ve "Hu barbarlarının" dönerek yaptıkları dansı biliyordu (Tsai, 2006: 598-599).

Bunu Göktürk hâkimiyeti altındaki Soğdlardan öğrenmesi mümkündür. Üstelik bu dans türü, o dönem ticari ilişkilere bağlı olarak Kore'ye kadar yayılmıştır.

Türkler ve Koreliler arasındaki ilişkiler Kore'nin Üç krallık döneminde artmaya başlamış ve özellikle Koguryeo Krallığı ile Türkler arasında yakın ilişkiler kurulmuştu. Semerkant'ta, Afrasiyab duvar resimleri arasında iki Koreli elçinin tasviri, o dönem Türk- Kore ilişkileri hakkında bazı ipuçları vermektedir. Prof. Kwon Youngpil, elçilerin 645-650 yılları arasında Koguryo Kralı Yun Gaesomun tarafından gönderildiğini iddia etmektedir. Bu dönemde yani 7. yüzyılın ortalarında Batı Türkleri Orta Asya'dan geçen İpek Yolu'nu kontrol etmekteydi. Bu dönemde çeşitli milletlerden olan elçiler, Semerkant Kralı ve Batı Göktürk Kağanlığına hediyeler getiriyorlardı. Koguryeo elçileri de kendi diplomatik amaçları nedeniyle buraya gelmişlerdi (Çakan, 2016: 150-151). Göktürkler ve batıdaki Asyalı uluslarla olan ilişkiler Koguryeo mezar resimleri vesilesiyle ortaya çıkmaktadır. Ayrıca dönerek yapılan dans gösterisi eski Türkler ve Koguryolular arasında kültürel değişim olduğunu göstermektedir (Çakan, 2016: 154).

SONUÇ

Batı Türkistan sahasında Sogdiana olarak tarif edilen bölgede yaşayan Sogdlar, özellikle Doğu-Batı çizgisinde devam eden ve İpek Yolu olarak adlandırılan ticari ağların aktif ve mahir tüccarları olarak Doğu Türkistan da, Çin'in sınır bölgelerinde ve Çin başkentlerinde yaşamaya başlamıştı. Üstelik bir dönem Moğolistan bozkırında da ticari kolonilerinin olduğu değerlendirilmekteydi. O dönemde Soğdlar gibi İranlı unsurların yanında Ön Asya ve Hindistan kültürüne ait kültürel unsurlar da özellikle ticari ilişkiler sayesinde Çin'e, Bozkıra ve hatta Kore'ye doğru hareket etmeye başlamıştı. Yerleşik hayatın bir temsilcisi olan Soğdlar yaşam koşulları, iktisadi faaliyetler ve dini hayatlarının da etkisiyle kendilerine özgü bir kültürün temsilcisidiler. Bu kültüre dair unsurlar Soğdlarla birlikte Sogdiana dışında da yaşam şansı bulmuştu.

Soğdlar müzik, dans ve resim sanatı konusundaki yeteneklerini özellikle doğuya doğru daha çok taşıdılar. Ticari ilişkilerin gelişmesi ve İpek Yolu üzerinde Soğdların etkinliğinin artması, bu kültürel unsurların dağılması konusunda Soğd katkısını da artırmıştı. Onlar yalnızca Zerdüştlüğü, Hristiyanlığı, Buda veya Mani'nin öğretilerini değil, dini unsurlarla birlikte hareket eden kültürel öğelerin taşınmasına da aracılık ettiler. Çin'de ticari gelişmelerle bağlı olarak ilk önce Kansu bölgesinde ortaya çıkan bu kültürel etkiler, Çin'de farklı Hanedanların Orta Asya ile ilişkilerini geliştirmesine bağlı olarak ilerledi. Özellikle Kuzey Ch'i, Kuzey Chou, Sui ve T'ang Hanedanlıkları boyunca; Dans, Müzik, Resim konusunda olduğu gibi giyim- eğlence ve yeme-içme alışkanlıkları noktasında da bir "Hu" modası oluştu ve uygulandı. Bu modanın büyük ölçüde Soğdlarla ilişkili olduğu değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Azarnoush, Samra, Grenet Frantz. (2007). Where the Sogdian Magi, *Bulletin of the Asia Institute, New Series*, Vol.21, 159-177.
- Bailey H.W. (1971). The Culture of the Iranian Kingdom of Ancient Khotan in Chinese Turkestan, *Toyo Bunko*, 29, 17-29.
- Baykuzu, Tilla Deniz. (2005). Güney Hunları ve “Hun Flütünden On Sekiz Şarkı. *Bilig*, 33, 101-118.
- Baykuzu, Tilla Deniz. (2013). *An Lu –Shan İsyanı ve Büyük Yen Devleti*, Konya: Kömen Yayınları.
- Chavannes, Edouard. (2007). *Çin Kaynaklarına Göre Batı Türkleri*, Çev. Mustafa Koç, İstanbul: Selenge Yayınları.
- Çakan, Varis. (2016). Çin’in Tang Hanedanı İle Koguryo Hanedanı Arasındaki Savaşa Katılan Göktürkler ve Üç Krallık Dönemindeki Türk –Kore İlişkileri, Göktürk ang Goguryeo: The Inter-Relations History between Ancient Korea and Turkey, *Northeast Asian History Foundation*, 2016, (Tam metin bildiri) Güney Kore Seul, 149-154.
- Dien, Albert E. (2003). Obsevation Concerning the Tomb of Master Shi, *Bulletin of the Asia Institute, New Series*, 17, 105-115.
- Eberhard, Wolfram. (1942). Çin Kaynaklarına Göre Orta ve Garbi Asya Halklarının Tarihi, *İÜ Türkiyat Mecmuası*, C.7, 125-191.
- Eberhard, Wolfram. (2007). *Çin Tarihi*, Ankara: TTK Yayınları.
- Furnis, Ingrid. (2009). Unearthing China’s Informal Musicians: An Archaeological and Textual Study of The Shang to Tang Periods, *Yearbook for Traditional Music*, Vol. 41 (2009), 23-41.
- Grenet, Frantz,- Penelope Rıboud. (2003). A Reflection of the Hephtalite Empire The Biographical Narrative in The Reliefs of the Tomb of the Sabao Wirkak (494-579), *Bulletin of the Asia Institute, New Series*, 17, 133-143.
- Harada, Yoshito. (1971). East and West, II. The Currency of Coins, *Toyo Bunko*, 57-80.
- Henning, W.B. (1965). A Sogdian God, *Bulletin Of The School of Oriental and African Studies*, University of London, Volume, XXVIII, 1965, 242-254.
- Ishida, Mikinosuke. (1961). The Hu-chi, Mainly Iranian Girls, found in China during the T’ang Period, *Toyo Bunko*, 1961, 20, 35-40.
- Okay, Bülent. (2021). *Çin Kaynaklarına Göre Sui-Tang Hanedanlıkları Döneminde Çin Kültürüne Katkı Sağlayan Orta Asya Kökenli Kişiler*, Ankara: TTK Yayınları.
- Scaglia Gustina (1958). Central Asians on a Northern Ch’i Gate Shrine, *Artibus Asiae*, 21,1, 9-28.
- Tsai, Liu Mau. (2006). *Çin Kaynaklarına Göre Doğu Türkleri*, Çev. Ersel Kayaoğlu-Deniz Banoğlu, İstanbul: Selenge Yayınları.
- Xinru, Liu (2011). A Silk Road Legacy: The Spread of Budhism and İslam, *Journal of World History*, 22, 1, 55-81.

ANTANDROS MEZAR SUNAKLARI IŞIĞINDA BATI ANADOLU'DA MEZAR SUNAKLARI**Ayşenur ÖZKAN****Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencisi, Klasik Arkeoloji, ayseozkanjr@gmail.com, 0009-0007-9320-0384****Özet**

Antandros Nekropolisi, MÖ 8. yüzyıldan MÖ 1. yüzyıla kadar kesintisiz kullanım göstermesiyle Batı Anadolu'daki mezar mimarisi ve gömü geleneklerinin dönemlere göre gelişimini izlemeye olanak sağlayan önemli arkeolojik alanlardan biridir. Bugüne kadar nekropoliste farklı mezar tiplerini temsil eden toplam 558 mezar açığa çıkarılmıştır. Çalışmalar, dönemlere göre değişen mezar tiplerinin yanı sıra, mezarların yüzeydeki yerini belirleyen üst yapı mimarisinin de önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu üst yapılar eksedra, dikdörtgen prizma ve silindirik olmak üzere üç temel form altında değerlendirilmektedir.

Klasik Dönem'e ait eksedra biçimli üst yapılar düzgün işlenmiş blok taşlarla inşa edilirken, Hellenistik Dönem örneklerinde şekilsiz moloz taş örgü tercih edilmiş ve yapıların iç ile dış yüzeyleri beyaz kireç harcıyla sıvanarak mermeri andıran bir görünüm elde edilmiştir. Dikdörtgen prizma formlu üst yapılarda Klasik Dönem'de hem blok taş hem de moloz taş kullanımı görülürken, Hellenistik Dönem'de bu yapıların tamamen moloz taşlardan inşa edildiği belirlenmiştir. Silindirik üst yapıların korunabilen bölümleri ise dış yüzeylerinin benzer şekilde beyaz kireç harcıyla sıvandığını göstermektedir.

Bildiride Antandros'ta belgelenen mezar üst yapılarının mimari özellikleri, Batı Anadolu'daki çağdaş nekropolislerde saptanan benzer örneklerle karşılaştırmalı olarak ele alınacaktır. Böylece bölgesel benzerlikler ve yerel farklılıklar değerlendirilerek, Klasik Dönem ve Hellenistik Dönem'de mezar üst yapılarının gelişimi ve bunların olası kültürel etkileşimleri üzerine yeni yorumlar sunulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antandros, Nekropolis, Sunak, Mezar Sunağı

FUNERARY ALTARS IN WESTERN ANATOLIA IN THE LIGHT OF THE ANTANDROS FUNERARY ALTARS

Ayşenur ÖZKAN

Ege University M. Sc. Student, Classical Archeology, ayseozkanjr@gmail.com, **0009-0007-9320-0384**

Abstract

The Necropolis of Antandros is one of the most significant archaeological sites in Western Anatolia, as its continuous use from the 8th century BCE to the 1st century BCE provides a valuable opportunity to trace the development of funerary architecture and burial practices through different periods. To date, a total of 558 graves representing various burial types have been excavated within the necropolis. Archaeological investigations have demonstrated not only chronological changes in grave types but also considerable variation in the superstructures that marked the locations of the burials above ground. These superstructures can be classified into three principal forms: exedra, rectangular prism, and cylindrical.

The exedra-shaped superstructures of the Classical Period were constructed with carefully cut ashlar blocks, whereas the Hellenistic examples were built with irregular rubble stones. In the latter, both the interior and exterior surfaces were coated with white lime plaster to create an appearance resembling marble. Rectangular prism-shaped superstructures display the use of both ashlar blocks and rubble stones during the Classical Period, while those of the Hellenistic Period were constructed entirely of rubble stones. The preserved remains of the cylindrical superstructures likewise indicate that their exterior surfaces were covered with white lime plaster.

This study examines the architectural characteristics and funerary superstructures documented at Antandros through a comparative analysis with similar examples identified in contemporary necropoleis across Western Anatolia. By evaluating both regional similarities and local variations, the study aims to offer new interpretations concerning the development of funerary superstructures during the Classical and Hellenistic periods, as well as the possible cultural interactions reflected in these architectural traditions.

Keywords: Antandros, Necropolis, Altar, Grave Altar

HENDESE-İ MÜLKİYE MEKTEBİ**Doç.Dr. Çetin AYKURT****Yozgat Bozok Üniversitesi/Fen-Edebiyat Fakültesi/Tarih Bölümü, dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID : 0000-0001-5467-8659****Özet**

Hendese-i Mülkiye Mektebi'nin başlangıcı 1773 tarihinde kurulan Mühendishane-i Berri-i Hümayun'a dayanır.1795 tarihinde kurulan Mühendishane-i Berri-i Hümayun istihkam ve inşaat mühendisi yetiştiren bir mektepti.1849 tarihinde topçu ve mimari sınıfı açılmak suretiyle öğretimde değişiklik yapılmıştır. Askeri mühendisliğe dönen Mühendishane 1864 tarihinde Harbiye'ye nakledilmiştir. 1871 tarihinde topçu ve istihkam Harbiye'den ayrılarak, Mühendishane'ye "Mekteb-i Mekâtib-i Askeriye" denmiştir. 1874 tarihinde Galatasaray'da kurulan Darülfünun-ı Osmani bünyesinde "Turuk ve Maâbir Mektebi" adıyla sivil mühendislik mektebi açılmıştır. II.Abdülhamid, 1879 tarihinde öğrencilerin tümü gayrimüslümlerden ibaret olan "Turuk ve Maâbir Mektebi"ni lağvetmiştir. 1883 tarihinde Hendese-i Mülkiye Mektebi'ni kurdurmuştur. Mektep 20 Ekim 1884 tarihinde açılmıştır. Mektep 3 Kasım 1883 tarihinde öğretime başlamıştır. Hendese-i Mülkiye'nin yönetimi ile Mühendishane-i Berri-i Hümayun yönetimi Mühendishane Nezareti'ne bağlanmıştır her iki kurumun hocaları aynı idi. 1889-1891 arasında dönemin en şöhretli hidrolikçisi Prof. Dr. Philipp Forchheimen ders nazırı olmuştur. Mektepte dersler vermiştir. 1888 tarihinde mezun olanlar 5 yıllık eğitim yapmışlardır.1888 tarihinde 13 kişi, 1889 tarihinde ise 25 mühendis mezun olmuştur. Mektepte cebir, logaritma, geometri, kimya, fizik, integral ve diferansiyel, hesap, jeoloji ve madenler, arazi ölçümü, topografya, makine, yapı işletmesi, yollar, demiryolları, sulama, su getirme, deniz ulaşımı, su makineleri, köprüler, mimari, limanlar, ekonomi, keşif hazırlanması, telgraf, elektrik, tüneller ve çeşitli projelerin hazırlanması gibi inşaat mühendisliği ile bütün dersler okutulmuştur. Hendese-i Mülkiye Mektebi askeri idareye bağlı olduğu için açılışından itibaren hepsi devlette hizmet görmekteydiler. Bu grubun meydana getirdiği en önemli eser Hicaz Demiryolu idi. Hendese-i Mülkiye Mektebi 1909 tarihinde Nafia Nezareti'ne bağlanmıştır. Mühendis Mekteb-i Alisi adını almıştır..

Anahtar Kelimeler: Hendese-i Mülkiye Mektebi, II.Abdülhamid, Mühendishane-i Berri-i Hümayun.

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING**Assoc. Prof. Dr. Çetin AYKURT****Yozgat Bozok University/ Faculty Of Science And Letters/ History Department****dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID. 0000-0001-5467-8659****Abstract**

The origins of the School of Civil Engineering can be traced back to the Mühendishane-i Berri-i Hümayun, which was founded in 1773. Established in 1795, the Mühendishane-i Berri-i Hümayun was a school that trained military engineers specialising in fortifications and construction. In 1849, changes were made to the curriculum with the introduction of artillery and architecture courses. The Mühendishane, which returned to military engineering, was relocated to Harbiye in 1864. In 1871, the artillery and fortification departments were separated from Harbiye, and the Mühendishane came to be known as the ‘Mekteb-i Mekâtib-i Askeriye’. In 1874, a school of civil engineering was opened under the name ‘Turuk ve Maâbir Mektebi’ within the Darülfünun-ı Osmani, established in Galatasaray. Abdülhamid II abolished the ‘Turuk ve Maâbir Mektebi’ in 1879, a school whose student body consisted entirely of non-Muslims. In 1883, he established the Hendese-i Mülkiye Mektebi. The school opened on 20 October 1884. It began teaching on 3 November 1883. The administration of the School of Civil Engineering and that of the Imperial School of Land Engineering were placed under the Ministry of Engineering; the teaching staff of both institutions was the same. Between 1889 and 1891, Professor Dr Philipp Forchheimen, the most renowned hydraulic engineer of the period, served as Head of Studies. He delivered lectures at the school. Those who graduated in 1888 had completed a five-year course of study. Thirteen engineers graduated in 1888, and 25 in 1889. At school: algebra, logarithms, geometry, chemistry, physics, integrals and differentials, calculus, geology and mining, land surveying, topography, mechanical engineering, construction management, roads, railways, irrigation, water supply, maritime transport, hydraulic machinery, bridges, architecture, ports, economics, survey preparation, telegraphy, electricity, tunnelling and the preparation of various projects. As the School of Civil Engineering was under military administration, all its graduates served in the civil service from the very beginning. The most significant project undertaken by this group was the Hejaz Railway. In 1909, the School of Civil Engineering was transferred to the Ministry of Public Works and renamed the Higher School of Engineering.

Keywords: School of Civil Engineering, II.Abdülhamid, Mühendishane-i Berri-i Hümayun.

DARÜLMUALLİMİN**Doç. Dr. Çetin AYKURT****Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü****dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID: 0000-0001-5467-8659****Özet**

Darülmualimin, 16 Mart 1848 tarihinde Fatih'te açılmıştır. 3 Mart 1924 tarihinde Tevhid-i Tedrisat Kanunu yürürlüğe girmesinden sonra programında değişiklikler yapılmak suretiyle yerini İstanbul Erkek Muallim Mektebi'ne bırakmıştır. Ahmed Cevdet Efendi, Darülmualimin açılışını öğretmen yetiştirme ihtiyacından doğduğunu ifade eder. Darülmualimin-i Rüşdü adıyla yeni mektep açılmıştır. Kaydolan otuz öğretmen adayının yetişmesi için program, yönetmelik, kitap ve öğretim kadrosu yoktu. Ahmed Cevdet Efendi, muallim-i evvel atanmıştır. Ahmed Cevdet Efendi ilk Darülmualimin Nizamnamesi'ni hazırlamıştır. Bu nizamnamede kayıt kabul koşulları, ders programı, öğrenim süresi, öğretim kadrosu, sınavlar, mezuniyet ve öğretmenliğe atanma koşulları belirlenmiştir. Öğrencilere aylık bağlanarak cerre çıkmaları yasaklanmıştı. Mektep, kısa sürede İstanbul'un ilk düzenli ve disiplinli meslek mektep konumuna gelmiştir. 3 yıl süreli Darülmualimin'in de medrese derslerin yanında ifade usulü, Farisî, hesap ve hendese. ve hey'et, coğrafya dersleri bulunmaktaydı. 1852 tarihindeki ilk nizamname 1855 tarihinde değişikliğe uğramıştır. Öğrencilerin iyi yetiştirilmesi için mevcut otuzdan yirmiye indirilmiştir. 15 Kasım 1868 tarihinde İstanbul'daki iptidailere de öğretmen yetiştirmek için Darülmualimin-i Rüşdü'ye bağlı Sıbyan Mekteb-i Darülmualimin açılmıştır. 1869 tarihinde Maarif-i Umumiye Nizamnamesi yayımlanınca Darülmualimin-i Rüşdi'yenin mevcudu 100'e çıkarılmıştır. Darülmualimin-i Rüşdi'ye ile idadi mezunlarından 10 öğrencinin sınavla alındığı bu şubeye 1891 tarihinde Darülmualimin-i Âli adı verilmiştir. 1892 tarihinde Darülmualimin, "iptidai", "tâli" ve "âli" olarak üç şubeli yeni bir programa geçmiştir. 1894 tarihinde âli kısmı fen ve edebiyat bir kısım dersleri birleştirilmişti. 1901 tarihinde şubeler 2 yıla indirilmiştir. Ertesi yıl iptidai şubesi kaldırılarak tâli şubeyle birleştirilmiş ve öğretim süresi 6 yıl olmuştur. 1908 tarihinde II.Meşrutiyet ilan edilince Darülmualimin-i iptidai yeniden bağımsız konuma getirilmiştir. 1909 tarihinde yeni bir düzenlemeye gidilmiştir. Darülmualimin şubeleri tek çatı altında toplanması ve mevcudunun 150'ye indirilmesi benimsenmiştir. 1913 tarihinde öğretim süresi 8 yıla çıkarılmıştır. 1924 tarihinde Tevhid-i Tedrisat Kanunu'nun kabulü ardından Darülmualimin kapatılarak yerine İstanbul Erkek Muallim Mektebi açılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Darülmualimin, Ahmed Cevdet Efendi, II.Meşrutiyet.

DARÜLMUALLİMİN
Assoc. Prof. Dr. ÇETİN AYKURT
Yozgat Bozok University/ Faculty Of Science And Letters/ History Department
dr.cetinaykurt @gmail.com ORCID. 0000-0001-5467-8659

Abstract

Darülmualimin opened in Fatih on 16 March 1848. Following the entry into force of the Law on the Unification of Education on 3 March 1924, it was replaced by the Istanbul Boys' Teachers' College after changes were made to its curriculum. Ahmed Cevdet Efendi stated that the opening of Darülmualimin arose from the need to train teachers. A new school was opened under the name Darülmualimin-i Rüşdü. There was no curriculum, regulations, textbooks or teaching staff to train the thirty trainee teachers who had enrolled. Ahmed Cevdet Efendi was appointed as the first head teacher. Ahmed Cevdet Efendi drafted the first Darülmualimin Regulations. These regulations set out the conditions for admission, the curriculum, the duration of study, the teaching staff, examinations, graduation and the conditions for appointment to the teaching profession. Students were provided with a monthly stipend and were prohibited from taking up private tutoring. The school soon became Istanbul's first organised and disciplined vocational school. The three-year course at Darülmualimin included, alongside madrasah subjects, courses in rhetoric, Persian, arithmetic and geometry, as well as astronomy and geography. The first set of regulations, dating from 1852, was amended in 1855. To ensure the proper training of students, the number of pupils was reduced from thirty to twenty. On 15 November 1868, the Sıbyan Mekteb-i Darülmualimin was opened as an affiliate of the Darülmualimin-i Rüşdü to train teachers for primary schools in Istanbul. When the General Education Regulations were published in 1869, the enrolment at the Darülmualimin-i Rüşdü'ye was increased to 100. This branch, into which 10 students were admitted via examination from among the graduates of the Darülmualimin-i Rüşdü'ye and the idadi, was given the name Darülmualimin-i Âli in 1891. In 1892, the Darülmualimin adopted a new programme comprising three branches: 'iptidai', 'tâli' and 'âli'. In 1894, the 'âli' section combined certain science and literature courses. In 1901, the duration of the branches was reduced to two years. The following year, the primary section was abolished and merged with the secondary section, bringing the duration of study to six years. In 1908, following the proclamation of the II.Meşrutiyet, the Darülmualimin-i Iptidai was restored to an independent status. In 1909, a new reorganisation took place. It was decided that the branches of the Darülmualimin would be brought together under a single roof and that the student intake would be reduced to 150. In 1913, the duration of study was extended to eight years. Following the adoption of the Law on the Unification of Education in 1924, the Darülmualimin was closed and replaced by the Istanbul Boys' Teachers' College.

Keywords: Darülmualimin, Ahmed Cevdet Efendi. II.Meşrutiyet.

İNCE MEMED ROMANINDA İKİLEMELERİN KULLANIMI (DİL VE ÜSLUP)

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mustafa BULUT

**Batman Üniversitesi, Türk Dili ve Edebiyatı Tezli Yüksek Lisans, 233202051089@student.batman.edu.tr,
ORCID:0009-0003-9403-8076**

Özet

Yaşar Kemal, başyapıtı İnce Memed’de Türkçenin söz varlığını ve sözlü edebiyat geleneğini en üst seviyeye çıkarırken ikilemelerden çok güçlü bir üslup ögesi olarak yararlanır. Roman boyunca kullanılan yüzlerce ikileme, anlatıma hem görsel bir zenginlik hem de müzikal bir ritim katar. Yazar, bu ikilemeler sayesinde Çukurova’nın doğasını, insanını ve yaşanan trajediyi adeta bir ressam gibi kelimelerle çizer.

Romanda ikilemelerin en önemli işlevi doğa tasvirlerini canlı kılmaktır. Yaşar Kemal, doğayı durağan bir fon olarak değil, yaşayan bir organizma gibi anlatır. “Harıl harıl esen rüzgâr”, “cayır cayır yanan toprak”, “vızır vızır dönen arılar” veya “şarıl şarıl akan sular” gibi ikilemeler, okuyucunun beş duysuna birden hitap eder. Çukurova’nın sıcaklığı, bereketi ve acımasızlığı bu ses ve anlam tekrarlarıyla somutlaşır.

İkinci olarak ikilemeler, karakterlerin ruh hallerini ve duygusal yoğunluğunu vurgulamak için kullanılır. Köylülerin Abdi Ağa karşısındaki çaresizliği ve korkusu “tır tır titremek” ya da “inim inim inlemek” gibi ifadelerle verilirken; Memed’in öfkesi ve kararlılığı “gümür gümür”, “göz göre göre” gibi güçlü ses oyunları ile pekiştirilir. Bu sayede karakterlerin iç dünyasındaki fırtınalar okura doğrudan geçer.

Son olarak bu kullanım, romana destansı (epik) bir hava kazandırır. Yaşar Kemal, Çukurova’nın halk ozanlarından, aşıtlarından ve halk hikâyelerinden beslenen anlatımını ikilemelerin yarattığı iç ritimle birleştirir. Cümleler peş peşe akarken okurda bir türkü dinliyormuş hissi uyanır.

Kısacası İnce Memed’deki ikilemeler, sadece birer kelime tekrarı değil; romanın dilini sıradanlıktan kurtarıp ona şiirsel, akıcı ve büyüleyici bir atmosfer kazandıran en temel yapı taşlarıdır.

Anahtar Kelimeler: Yaşar Kemal, İnce Memed, İkilemeler, Dil, Üslup

THE USE OF REDUPLICATIONS IN THE NOVEL İNCE MEMED (LANGUAGE AND STYLE)**Master's Student Mustafa BULUT****Batman University, old Turkish literature, 233202051089@student.batman.edu.tr, ORCID:0009-0003-9403-8076****Abstract**

Yaşar Kemal, while elevating the vocabulary of Turkish and the oral literary tradition to the highest level in his masterpiece *İnce Memed*, utilizes reduplications as a highly potent stylistic element. Hundreds of reduplications employed throughout the novel impart both a visual richness and a musical rhythm to the narrative. By virtue of these reduplications, the author depicts the nature of Çukurova, its people, and the ongoing tragedy with words, much like a painter.

The most prominent function of reduplications in the novel is to vitalize nature descriptions. Yaşar Kemal portrays nature not as a static backdrop, but as a living organism. Reduplications such as “harıl harıl esen rüzgâr” (the roaring wind), “cayır cayır yanan toprak” (the scorching soil), “vızır vızır dönen arılar” (the buzzing bees), or “şarıl şarıl akan sular” (the gushing waters) appeal to all five senses of the reader simultaneously. The heat, fertility, and ruthlessness of Çukurova materialize through these phonetic and semantic repetitions.

Secondly, reduplications are utilized to emphasize the psychological states and emotional intensity of the characters. While the desperation and fear of the villagers in the face of Abdi Ağa are conveyed through expressions like “tır tır titremek” (to tremble violently) or “inim inim inlemek” (to groan deeply); Memed’s anger and determination are reinforced with powerful phonetic wordplays such as “gümür gümür” (thunderingly) and “göz göre göre” (openly/defiantly). Consequently, the storms within the inner worlds of the characters are directly transmitted to the reader.

Lastly, this usage endows the novel with an epic atmosphere. Yaşar Kemal blends his narrative—which draws sustenance from the folk poets, elegies, and folk tales of Çukurova—with the internal rhythm generated by reduplications. As the sentences flow consecutively, the reader experiences the sensation of listening to a folk song.

In short, the reduplications in *İnce Memed* are not mere word repetitions; they are the most fundamental building blocks that rescue the language of the novel from mediocrity and endow it with a poetic, fluent, and captivating atmosphere.

Keywords: Yaşar Kemal, *İnce Memed*, Reduplications, Language, Style.

SÜRDÜRÜLEBİLİR TÜKETİM REKLAMLARININ KURUMSAL SOSYAL SORUMLULUK VE GÜVEN ALGISI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Öğr. Gör. Dr., Emel SARITAŞ¹

¹Pamukkale Üniversitesi, Pazarlama, emels@pau.edu.tr, 0009-0009-9844-6134

Özet

Dünya kaynaklarının hızla yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasıyla birlikte hem tüketiciler hem de işletmeler sürdürülebilir tüketim faaliyetleri konusunda daha bilinçli hareket etmektedirler. Sürdürülebilirlik; ekosistemdeki çeşitliliğin ve yenilenemez doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılabilmesi için, bugünkü neslin yenilenemez doğal kaynak kullanımının sınırlandırılması ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin sistemin kapasitesinin üzerine çıkmayacak düzeyde tutulmasıdır. Tüketicilerin bu yöndeki taleplerinin artması nedeniyle işletmeler; sürdürülebilirlik faaliyetlerini çeşitli tutundurma kanalları yolu ile hedef kitleye iletilmesine önem vermektedir. Bu strateji ile tüketicilerin kendilerine yönelik algılarını olumlu yönde değiştirebilmekte ve kendilerine olan güveni arttırabilmektedirler. İşletmelerin sürdürülebilir tüketim içerikli reklamları yaygın kullanılan tutundurma araçları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada; sürdürülebilir içerikli reklamların işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk algılarını ve işletmelere olan güveni ne derece etkilediği ele alınmıştır. Araştırma sürecinde markaların sürdürülebilir olan ve sürdürülebilir olmayan içerikli reklamları katılımcılara izletilerek deney ve anket ile veri toplama yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre sürdürülebilir içerikli reklamların işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk algılarına anlamlı derecede katkı sağladığı ancak işletmelere duyulan güven algısında önemli bir değişikliğin ortaya çıkmadığı görülmektedir. Araştırma bulgularına göre işletmelerin sürdürülebilir reklam faaliyetleri için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Tüketim, Reklam, Kurumsal Sosyal Sorumluluk, Marka Güveni

EVALUATION OF SUSTAINABLE CONSUMPTION ADVERTISEMENTS IN TERMS OF CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND TRUST PERCEPTION

Ph.D. Lecturer, Emel SARITAŞ¹

¹Pamukkale University, Marketing, emels@pau.edu.tr, 0009-0009-9844-6134

Abstract

With the world's resources rapidly facing the threat of depletion, both consumers and businesses are becoming more conscious about sustainable consumption practices. Sustainability is the process of limiting the use of non-renewable natural resources by the present generation and keeping their negative impacts on the ecosystem at a level that does not exceed the system's capacity, so that the diversity in the ecosystem and non-renewable natural resources can be passed on to future generations. Due to the increasing demand from consumers in this direction, businesses are giving importance to communicating their sustainability activities to their target audience through various promotional channels. With this strategy, they can positively change consumers' perceptions of them and increase their trust in them. Sustainable consumption-themed advertisements are among the widely used promotional tools for businesses. This study examines the extent to which sustainable advertising affects businesses' perceptions of corporate social responsibility and trust in businesses. In the research process, data collection methods were used through experiments and surveys, showing participants advertisements with both sustainable and non-sustainable content from various brands. According to the data obtained, sustainable advertising significantly contributes to businesses' perceptions of corporate social responsibility, but does not reveal a significant change in the perception of trust in businesses. According to the research findings, several suggestions have been made for businesses to implement sustainable advertising practices.

Key Words: Sustainable Consumption, Advertising, Corporate Social Responsibility, Brand Trust

GİRİŞ

Markalar, günümüzün ihtiyaçlarına ve değişen koşullarına ayak uydurmak zorunluluğu nedeniyle sürdürülebilirliği iş stratejilerine ve kararlarına entegre etme zorunda kalmaktadırlar. Yaşanan bu değişimler tüketici davranışlarını da etkilemiş, tüketici talepleri bu konuda gün geçtikçe artarak işletmeleri bu konuda daha fazla sorumluluk almalarını zorlamıştır. İşletmeler sürdürülebilirlik faaliyetlerini ürün markalaşmasında ve reklamcılık faaliyetlerinde rekabet avantajı için stratejik bir kaynak olarak kullanmaya başlamışlardır. Özellikle markaların sürdürülebilirlik faaliyetlerini tüketiciler etkili bir şekilde duyurması için pazarlama tutundurma kanalı olan reklamcılık ön plana çıkmaktadır. Reklam faaliyetlerinde sürdürülebilir içerikli pazarlama mesajlarını ileten markaların; marka karlılığını arttırmada ve uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamada olumlu etki oluşturduğu bilinmektedir. İşletmelerin gönüllülük esasına dayalı şekilde sosyal ve çevresel meselelere topluma yarar sağlayacak şekilde işaret etmeleri, aktif şekilde faaliyetlerle bu meselelerin ortaya çıkardığı zararı en aza indirme veya ortadan kaldırma ve uzun vadeli yararlı faydalar sunma çabası kurumsal sosyal sorumluluk faaliyetleri kapsamında değerlendirilmektedir. İşletmelerin sürdürülebilirlik faaliyetleri kurumsal sosyal sorumluluk faaliyetlerini desteklemektedir. Bu çalışmada; tüketicilerin markalarını sürdürülebilir reklam içeriği olan ve sürdürülebilir reklam içeriği olmayan reklamları üzerinden markalara olan kurumsal sosyal sorumluluk ve güven algısı değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda önce reklamlar izletilmiş ve sonra anket yolu ile reklamlara yönelik sorular sorulmuştur. Katılımcılara ayrıca sürdürülebilir tüketim algısı ve reklam içerikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Elde edilen veriler çerçevesinde sürdürülebilir tüketim faaliyetlerini bir rekabet aracı olarak kullanan işletmelere önerilerde bulunulmuştur.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Sürdürülebilirlik ve Reklam

Sürdürülebilirlik; ekosistemdeki çeşitliliğin ve yenilenemez doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılabilmesi için, bugünkü neslin yenilenemez doğal kaynak kullanımının sınırlandırılması ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin sistemin kapasitesinin üzerine çıkmayacak düzeyde tutulmasıdır (Ercoşkun, 2007: 9). İnsanlığın karşı karşıya kaldığı büyük zorluklar (örneğin yoksulluk, kuraklık) ve ardından gelen sosyoekonomik reform talepleri (Foroudi, Tabaghdehi ve Marvi 2021; George ve Schillebeeckx 2022) karşısında, markalar sürdürülebilirliği iş stratejilerine ve kararlarına entegre etme konusunda artan bir baskı altındadırlar (Kim vd. 2024; Sharma vd. 2025). Tüketici davranışlarındaki ve taleplerindeki değişikliklerin bir sonucu olarak, sürdürülebilirlik ürün markalaşmasında ve reklamcılığında yaygın hale gelmiş ve rekabet avantajı için stratejik bir kaynak sağlamıştır (Kong, Witmaier ve Ko, 2021). Deloitte (2021) tarafından yapılan bir çalışma, tüketicilerin %81'inin markaların iletişimlerinde çevre bilincini yansıtmalarını beklediğini, %69'unun ise karbon ayak izlerini aktif olarak en aza indirdiğini ortaya koymuştur; bu da çevre bilincine sahip tüketiciler arasında sürdürülebilirliğe yönelik çağdaş reklam uygulamalarını şekillendiren artan bir eğilimi yansıtmaktadır. Benzer şekilde, paketlenmiş ürünlerin yaklaşık %20'si şu anda sürdürülebilir olarak pazarlanmaktadır. Aynı şekilde, McKinsey (2020) çalışmasının sonuçları, tüketicilerin %60'ından fazlasının sürdürülebilir ambalajlı ürünler için daha yüksek fiyat ödemeye istekli olduğunu göstermiştir. Markaların sürdürülebilirlik faaliyetlerini tüketicilere etkili bir şekilde duyurmasının önemini giderek artmaktadır (Rathee ve Milfeld 2024). Sürdürülebilir reklam faaliyetleri bu iletişim sürecinde önemli bir tutundurma aracı olarak değerlendirilmekte ve marka karlılığını artırmaya ve uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamaya olumlu etki edebilmektedir (Sander vd. 2021). Ayrıca, bu faaliyetler marka sadakatini geliştirmek için de önemlidir (Kapoor, Balaji ve Jiang 2021). Bu nedenle, sürdürülebilir reklam faaliyetlerinin iletilmesi marka itibarını artırabilir.

Birçok çalışma (Foroudi vd. 2023; Golob, Podnar ve Zabkar 2023; Lima vd. 2024), sürdürülebilir reklam faaliyetlerinin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar olmak üzere üç faktörü kapsayabileceğini göstermektedir. Sosyal pazarlama faaliyetleri, bir şirketin kâr odaklı iş görevlerinin ötesinde ek hedefleri yerine getiren sosyal

katkı çabalarını kapsar (Sun ve Govind 2022). Ekonomik sürdürülebilir reklam faaliyetleri, markaların ortakları, çalışanları ve müşterileri de dahil olmak üzere temel paydaşlarına fayda sağlama çabalarını sergilemeye odaklanır ve bu etkiler kurumsal büyüme ve karlılığın ötesine geçerek topluma da fayda sağlar (Choi ve Ng 2011). Bu reklam faaliyetleri, markaların müşterilerine, çalışanlarına, ortaklarına ve topluluk paydaşlarına ekonomik avantajlar sunmasını ve karlılık yoluyla şirket genişlemesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Choi ve ng 2011; Moes vd. 2022). Ayrıca, sürdürülebilir ekonomik reklam faaliyetleri, yönetim verimliliğini artırmanın, e-ticaret platformu kurmanın, mağaza ortamlarını iyileştirmenin ve tesisleri modernize etmenin önemini ileterek karı maksimize etmeyi hedeflemektedir (Arli ve lasmono 2010; Ray ve nayak 2023). Bu bağlamda, ekonomik sürdürülebilirlik faaliyetlerine örnek olarak, sürdürülebilir malzemelerden veya süreçlerden üretilen ürünleri öne çıkaran reklam kampanyaları (Lee, Chang ve Zhao 2023) veya sürdürülebilir ürünler ve teklifler için indirimlerin teşvik edilmesi (Olson 2022) gösterilebilir. Tüketiciler ekonomik sürdürülebilirliğin öncelikle işletmelere fayda sağladığına inandığından, bazı markalar diğer boyutlara kıyasla bu boyutu reklam yoluyla çok fazla öne çıkarmamaktadır (Rathee ve Milfeld 2024). Çevresel sürdürülebilirlik reklamcılığı, çevre dostu bilgileri iletmeye ve yeşil değerleri tüketicilere tanıtmaya odaklanırken, temel paydaşlar arasında çevresel zorlukların ele alınmasına da vurgu yapmaktadır (Hartmann vd. 2023; Hartmann ve Apaolaza-Ibáñez 2009; Reich ve Soule 2016).

Tüketicilerin markaların sürdürülebilir reklam faaliyetlerini nasıl algıladıklarına dair değerlendirmeler önemlidir. Daha önceki çalışmalar (Golob, Podnar ve Zabkar 2023; Milfeld ve Pittman 2024; Steenis vd. 2023) sürdürülebilir reklam faaliyetlerinin önemini vurgulamıştır. Birçok çalışma, pazarlama faaliyetlerini çevresel ve sosyal değerlerle uyumlu hale getirmenin stratejik önemini vurgulamaktadır (Mogaji 2025; Plangger vd., 2025). Reklamlar sürdürülebilir olarak algılandığında, sürdürülebilir faaliyetlere öncelik veren tüketicilerde daha fazla yankı uyandırır, çünkü bu tüketici gurur duygusunu uyandırabilir (Schopper, Berbers ve Vogelgsang 2025). Bu değer uyumu, tüketicilerin bu reklamları kendi inanç ve ideallerinin bir yansıması olarak görmeleri nedeniyle bir kimlik duygusunu besler (Nikolova 2023). Bu nedenle sürdürülebilir içerikli reklamlar yönelik ilgi gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir.

1.2. Kurumsal sosyal sorumluluk ve Marka Güveni

İlk kez 1953'te yayımlanan H.Bowen'in 'İş adamlarının Sosyal Sorumlulukları' adlı kitabında kavramsal olarak kurumsal sosyal sorumluluk kavramı yer vermiş iş adamlarının, toplumun değer ve amaçlarıyla örtüşen sosyal sorumluluk faaliyetlerle ilgilenmeleri olarak ifade etmiştir (Bowen,1953:6). Kurumsal sosyal sorumluluk kavramı, organizasyonlarca gerek çevre üzerinde görülen olumsuz etkilerin azaltılması gerekse ekonomik ve toplumsal alanlarda görülen sorunların elimine edilmesi yönünde üstlenilen girişimler dizisidir (Aluchna, 2014: 199). Yardımseverlik ile eşdeğer nitelik taşıyan bu kavram, sosyal sorunların çözümüne katkıda bulunan kapsamlı bir işletme stratejisidir (Pérez ve del Bosque, 2013: 156).

Organizasyonları kurumsal sosyal sorumluluk uygulamalarına yönelten farklı amaçlar bulunmaktadır. Bir yandan maliyetleri azaltmak ve olumlu bir kurumsal imaj sağlamak konusunda etkin bir araç olarak görülürken diğer yandan ise herhangi bir çıkar beklemeksizin yerine getirilmesi gereken yükümlülükler olarak kabul edildiği için kurumsal sosyal sorumluluğa başvurulmaktadır. Esasen firmaların kurumsal sosyal sorumluluk girişimlerine yönelmesinde hem içsel hem de dışsal birtakım amaçlar belirleyici olmaktadır. Çalışanları motive etmek, iç süreçlerin yönetimini ve denetimini arttırmak, üretim süreçlerini güçlendirmek ve personel devir hızını düşürmek içsel amaçlar kapsamında değerlendirilmektedir. Öte yandan yasal ve çevresel düzenlemelere uygun hareket etmek, müşteri beklentilerini karşılamak, güvenilir bir şirket imajı oluşturarak toplumla ilişkileri geliştirmek, yasal yaptırımları önlemek ve toplumsal baskıların önüne geçmek kurumsal sosyal sorumluluk çerçevesinde ulaşılmak istenen dışsal amaçlar arasında yer almaktadır (Pedersen ve Neergaard, 2007: 81)

Güven, bir kişinin karşısındaki kişinin sözlerinden, davranışlarından ve kararlarından emin olması ve buna göre hareket etme istekliliği olarak tanımlanmaktadır (Sağlam Arı ve Tunçay, 2010: 117). Marka güveni tüketicinin marka üzerindeki pozitif beklentilerini ve markaya inançlarını ortaya koymaktadır (Luk ve Yip, 2008:453). Başka bir ifadeyle, marka güveni, ortalama bir tüketicinin markanın bir işi yapabileceğine olan inancıdır (Jin ve Lee, 2010:674). Güven, sosyal alışveriş kavramının bir bileşenidir. Markaya olan güvenin pazarlama literatüründe markaların yakalayacağı başarı düzeyi üzerinde oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (Morgan ve Hunt, 1994). Ayrıca güven, “bir güven hedefinin algılanan dürüstlüğü, yetkinliği ve yardımseverliği” olarak da tanımlanmaktadır (Coulter ve Coulter, 2002; Doney ve Cannon, 1997:36). Chaudhuri ve Holbrook (2001) yaptıkları çalışmada, marka güvenliğini “tüketicilerin markanın belirtilen işlevini yerine getirme yeteneğine inanmak için isteklilik göstermesi” olarak tanımlamışlardır. Tüketiciler güven duydukları markaları diğerlerine oranla daha fazla tercih etme eğilimindedirler. Bu nedenle markaya duyulan güven arttıkça, işletmelerin sahip oldukları pazar payları da artmaktadır (Chatterjee ve Chaudhuri, 2005). Bir markaya güvenmek, markanın müşteri için olumlu sonuçlar doğuracağı yönünde yüksek bir beklentiye işaret etmektedir. Marka güveni beklenti olarak düşünüldüğünde; müşteri, markanın tutarlı, yetkili, dürüst ve sorumluluk sahibi olduğuna dair yüksek seviyede bir inanca sahip olmaktadır (Delgado-Ballester ve Alemán, 2005, s. 188). Bireyler markaları kendilerini temsil eden bir nesne gibi düşünürler, her zaman markadan uzun süreli ve olumlu yararlar görmek isterler. Marka ile müşteri arasındaki ilişki sonucunda, markanın sorumlulukları yerine getirerek müşterinin beklentilerine olumlu cevap vermesi durumunda oluşan memnun olma duygusu o markaya duyulan güven haline dönüşmektedir (Sağlam ve Sağlam, 2016: 35).

2. YÖNTEM

Günümüzde tüketicilerin şirketlerden giderek daha fazla sosyal sorumluluk talep etmekte olduğu, satın alma kararlarında sürdürülebilir tüketim odaklı ürünleri tercih etme oranı giderek arttığı görülmektedir. Sürdürülebilir yaşam tarzlarına öncelik veren çevre bilincine sahip tüketicilerin artışı (Gonzalez-Arcos vd., 2021), markalar için çevre dostu uygulamalarını gösterme konusunda hem bir fırsat hem de bir zorluk sunmaktadır. Tüketicilerin; sürdürülebilir odaklı yaklaşım ile pazarlama stratejilerini yürüten şirketlere karşı kurumsal sosyal sorumluluk algılarını ve işletmeye olan güven algılarındaki değişimi incelemek önemli bir konudur. Bu açıdan reklamlarda işlenen sürdürülebilir tüketim odaklı temaların işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk algılarında ve işletmeye olan güven üzerinde ne derece katkı sağladığı önemli bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda araştırma kapsamında;

H₁: Sürdürülebilir içerikli reklamlar işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk algısını pozitif yönde etkilemektedir.

H₂: Sürdürülebilir içerikli reklamlar işletmelerin güven algısını pozitif yönde etkilemektedir.

Araştırma kapsamında katılımcılar Pamukkale Üniversitesi İletişim Fakültesi, Halkla ilişkiler ve reklamcılık programında okuyan 45 öğrenci olarak belirlenmiştir. Veri toplama süreci iki aşama da gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara araştırma süreci ile ilgili öncelikle bilgilendirme yapılarak çalışmada metafor kullanımı ve reklam izletileceği ve bu reklamlara yönelik sorular sorulacağı ifade edilmiş ve her iki uygulama için de detaylı bilgilendirme yapılmıştır. Katılımcılara reklamları gösterilmek üzere farklı sektörler de faaliyet gösteren ve hem sürdürülebilir olmayan hem de sürdürülebilir içeriğe sahip reklamları olan markalar seçilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışmada değerlendirilmek üzere farklı alanlarda faaliyet gösteren Mercedes, Eti, Garanti, Omo, Mavi, Turkcell, Getir markaları seçilmiştir.

Öncelikle katılımcılara sürdürülebilirlik kavramı hakkında çağrışımsal analogik kavram değerlendirmesi yapabilmek amacıyla sürdürülebilir tüketim, bilinçli tüketici, çevre, yeniden kullanmak ve tasarruf kelimelerin neleri çağrıştırdığı sorulmuş ve elde edilen veriler tablolastırılmıştır. Araştırma kapsamında tek ölçüme dayalı deneysel serimler çerçevesinde öncelikle markaların sürdürülebilirlik teması içermeyen reklamları

gösterilmiştir. Reklam izlemesi gerçekleştirildikten sonra katılımcılara markaların kurumsal sosyal sorumluluk ve marka güveni ölçmeye yönelik Lin vd., (2011) tarafından geliştirilen ölçek uygulanmıştır. Katılımcılarla 2 ile 3 hafta arasında değişen bir süre aralığı için tekrar randevu oluşturulmuştur. İkinci görüşmede katılımcılara bu sefer markalara ait sürdürülebilirlik teması içeren reklamlar izletilmiş ve Lin vd., (2011) tarafından geliştirilen marka güveni ile kurumsal sosyal sorumluluk ile ilgili sorular tekrar sorulmuştur. Katılımcılardan elde edilen sürdürülebilirlik hakkında analojik kavramları markalar çerçevesinde değerlendirmeleri talep edilmiştir.

Reklam izlemesinden sonra katılımcılara reklam içeriği hakkında aşağıdaki sorular sorulmuştur.

- 1) İzletilen reklamların markalarını hatırladığınız kadarıyla sıralayınız.
- 2) Hangi reklamları detaylı olarak hatırlıyorsunuz ve hatırladığınız temel reklam içerikleri nelerdir?
- 3) Reklam içeriği ile iletilen mesaj dili açısından reklamları nasıl buldunuz?

Elde edilen verilere göre bulgular aşağıda detaylandırılmıştır.

3. BULGULAR

Araştırma çerçevesinde katılımcıların reklamları izlemeden önce sürdürülebilirlik teması altında sürdürülebilir tüketim, bilinçli tüketim, çevre, yeniden kullanmak tasarruf kavramlarını çağrıştıran kelimeler aşağıdaki tablo da listelenmiştir. Sürdürülebilirlik kapsamında Analojik çağrışım kelimelerinin doğa temalı kavramların ön plan da olduğu görülürken, ekonomi ve eğitim içerikli kavramlarla ile ilişkilendirildiği görülmektedir.

Tablo 1. Sürdürülebilirlik çağrışımı yapan kelimeler

Sürdürülebilir Tüketim	Akan, Su, İyilik, Ağaç, Değirmen, Döngü, Saat, Su damlası, Terazî, Nehir, İyileşme, Tohum
Bilinçli Tüketici	Arı, Sarraf, Kitap, Terazî, Yardım Kuruluşu, Öğretmen, Patron, Araştırmacı, Patron, Elçi, Rehber, Kütüphane, Kaptan, Tok Gözlülük, Mantık
Çevre	Gelecek, Masal, Ev, Hayat, Anne, Gelecek, Ayna, Huzur,
Yeniden Kullanmak	Gereklilik, Hayat, Bilinç, Değer bilmek, Tasarruf, Güneş, Sanatçı
Tasarruf	Zorunluluk, Gerekli, Ekonomi, Kumbara, Damla, Su, Kazanç, Yatırım

Verilen çağrışım kelimeleri ile izledikleri reklamların eşleştirilmesi istenmiş ve markaların sürdürülebilir reklamlarının katılımcılar nezdinde kategorik sınıflandırılması Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2’ ye göre Mercedes markası ‘patron, rehber, mantık, sarraf, gelecek ve hayat kelimeleri ile çağrışım eşleniği yapılırken, kategorik kavram olarak bilinçli tüketim ve çevre içerisinde yer almıştır. Eti markası; İyilik, huzur, gelecek kelimeleri ile Sürdürülebilir tüketim ve bilinçli tüketim kategorisinde yer almakta; Garanti markası Gelecek, Hayat, Bilinç, Tasarruf, Huzur kelimeleri ile yeniden kullanma ve çevre kategorisinin de; Omo markası; su, kazanç, zorunluluk, sarraf, damla, yatırım ile sürdürülebilir tüketim ve tasarruf, Mavi markası; terazî, iyileşme, kazanç, döngü, gelecek ile bilinçli tüketim ve sürdürülebilir tüketim; Turkcell markası ekonomi, yardım kuruluşu, öğretmen, mantık, yatırım ile tasarruf ve bilinçli tüketim; Getir markası ise masal, saat, patron kelimeleri ile sürdürülebilir tüketim kategorik kavram içinde yer aldığı görülmektedir.

Tablo 2. Markaların sürdürülebilir çağrışımı yapan kategorik kavram ile sınıflandırılması

Marka	Çağrışım Kelimesi	Kategorik Kavram
Mercedes	Patron, Rehber, Mantık, Sarraf, Gelecek, Hayat	Bilinçli tüketim-Çevre
Eti	İyilik, huzur, gelecek,	Sürdürülebilir tüketim- Bilinçli Tüketim
Garanti	Gelecek, Hayat, Bilinç, Tasarruf, Huzur	Yeniden Kullanma, Çevre
Omo	Su, kazanç, zorunluluk, Sarraf, Damla, yatırım	Sürdürülebilir Tüketim, Tasarruf
Mavi	Terazi, iyileşme, kazanç, döngü, gelecek	Bilinçli Tüketici, Sürdürülebilir tüketim
Turkcell	Ekonomi, yardım kuruluşu, öğretmen, mantık, yatırım	Tasarruf, Bilinçli Tüketim
Getir	Masal, saat, patron,	Sürdürülebilir Tüketim

Markaların sürdürülebilir içerikli olan ve olmayan reklamlara göre kurumsal sosyal sorumluluk algısının karşılaştırması Tablo 3.' de gösterilmektedir. Buna göre Mercedes ($\bar{X}$ =3,1716; $\bar{X}$ =4,166), Eti ($\bar{X}$ =3,4608; $\bar{X}$ =4,333), Garanti ($\bar{X}$ =3,9069; $\bar{X}$ =4,666), Omo ($\bar{X}$ =3,6324, $\bar{X}$ =4,500), Mavi ($\bar{X}$ =2,888; $\bar{X}$ =3,666) Turkcell ($\bar{X}$ =3,9804, $\bar{X}$ =4,500) Getir ($\bar{X}$ =3,2206; $\bar{X}$ =3,3687) markaların sürdürülebilirlik teması olan ve olmayan reklamları arasında kurumsal sosyal sorumluluk algısı açısından karşılaştırıldığında; sürdürülebilirlik teması olan reklam sonrası tüm markaların kurumsal sosyal sorumluluk algısının da artış olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Kurumsal sosyal sorumluluk algısının sürdürülebilir içerikli olan ve olmayan reklamlara göre karşılaştırılması

		Sürdürülebilirlik teması olmayan reklam			Sürdürülebilirlik teması olan reklam		
	N	Mean	SS	Varyans	Mean	SS	Varyans
Mercedes	45	3,1716	,70411	,496	4,166	,87069	,758
Eti	45	3,4608	,74880	,561	4,333	,51864	,269
Garanti	45	3,9069	,67444	,455	4,6667	,49795	,248
Omo	45	3,6324	,68507	,469	4,5000	,56813	,323
Mavi	45	2,888	,70053	,491	3,666	,90089	,812
Turkcell	45	3,9804	,53303	,284	4,500	,53674	,288
Getir	45	3,2206	,65356	,427	3,3687	,74274	,552

Markaların sürdürülebilir içerikli olan ve olmayan reklamlara göre marka güven algısının karşılaştırması Tablo 4.'de gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre markaların sürdürülebilirlik teması olan ve olmayan reklamları arasında güven algısı açısından karşılaştırma yapıldığında ise sadece Turkcell markasının da ($\bar{X}$ =3,4706; $\bar{X}$ =3,6647) anlamlı bir artış olduğu görülmekte iken Mercedes($\bar{X}$ =4,060; $\bar{X}$ =4,060), Eti ($\bar{X}$ =3,888; $\bar{X}$ =3,888), Garanti ($\bar{X}$ =3,970; $\bar{X}$ =3,929), Omo ($\bar{X}$ =3,929; $\bar{X}$ =3,9706) ve Getir ($\bar{X}$ =3,775; $\bar{X}$ =3,775) markalarında

herhangi bir değişikliğin olmadığı görülmektedir. Önemli bir veri ise Mavi ($\bar{X}=3,664$; $\bar{X}=3,470$) markasının güven algısının sürdürülebilir içerikli reklam izleme sonrasında daha düşük bir ortalama sergilemesidir.

Tablo 4. Güven algısının sürdürülebilir içerikli reklama göre karşılaştırılması

	N	Sürdürülebilirlik teması olmayan reklam			Sürdürülebilirlik teması olan reklam		
		Mean	SS	Varyans	Mean	SS	Varyans
Mercedes	45	4,0606	,65038	,423	4,0606	,65038	,423
Eti	45	3,8882	,58297	,340	3,8882	,58297	,340
Garanti	45	3,9706	,60329	,364	3,9294	,55897	,312
Omo	45	3,9294	,55897	,312	3,9706	,60329	,364
Mavi	45	3,6647	,63192	,399	3,4706	,85264	,727
Turkcell	45	3,4706	,85264	,727	3,6647	,63192	,399
Getir	45	3,7758	,78895	,622	3,7758	3,7758	,622

Araştırma sürecinde katılımcılara reklam içeriğinde yer alan detaylar konusunda sorular sorulmuş katılımcıların genel anlamda hatırladıkları marka sıralaması sırasıyla Mavi, Turkcell, Garanti ve Mercedes olduğu ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir reklam içeriğin de ünlü etkisini yoğun olduğunu ifade ederek Mavi ve Garanti markalarında ki ünlüler nedeniyle kolay hatırladıklarını ifade etmektedir. Sürdürülebilirlik temaları açısından reklamlarda kullanılan Turkcell'in kullandığı köy ortamı, Mavi'nin pamuk, Garanti'nin tarla, Eti'nin ise buğday görsel unsurlarının akılda kaldığını ifade etmişlerdir. Reklamlarda yoğun duygusal içerikli mesajların daha etkili olduğu konusunda katılımcılar hem fikirlerdir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmadan elde edilen verilere göre; sürdürülebilir tüketim içerikli reklamların işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk algılarına pozitif yönlü önemli katkı sağladığı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik faaliyetlerinin tüketicilerde; bu işletmelerin olumlu yönde topluma katkı sağladığı, duyarlı bir marka imajı oluşturduğu ve dünya kaynaklarının gereksiz kullanımını engellemek için aktif çaba içinde oldukları düşüncesi oluşturması açısından önemli görülmektedir.

Sürdürülebilir tüketim içerikli reklamların markaların güven algısına ise anlamlı katkı düzeyinin sadece Turkcell olmak üzere tek bir marka üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. İşletmelerin güven algısını etkileyen unsurların farklı olduğu söylenebilir. Güven algısı oluşturmada Turkcell'in ayrıca incelenmesi ve sürdürülebilir reklamlar ile Turkcell'in marka güven oluşturma unsurlarının birlikte değerlendirilerek diğer markalardan ayrışma nedeni incelenmesi önerilmektedir.

Markaların sürdürülebilir tüketim reklam içerikleri ile ilgili elde edilen verilerde en çok doğa teması, ekonomi ve eğitici kavramlar üzerinde durulduğu görülmektedir. Sürdürülebilir reklam temalarının bu kavramlar çerçevesinde inşa edilmesi verilmek istenen mesajların daha kalıcı ve etkin hale gelmesini sağlamak açısından önerilmektedir. Ayrıca mesajın duygusal yoğunluğunun yüksek olmasının hatırlama oranını arttırdığı görülmektedir.

Ayrıca sürdürülebilir reklam için ünlü etkisini yüksek olduğu ve ilk hatırlanan markalar arasında reklamlarda ünlü kullanan Mavi ve Garanti markasının yer aldığı görülmektedir. Sürdürülebilir tüketim içerikli reklamlarda ünlü kullanımını sağlama tüketici zihninde kurumsal sosyal sorumluluk algısını inşa etmesinde destekleyici unsur olarak önerilmektedir. Çalışmanın örneklem, süre olmak kısıtları mevcuttur. Daha uzun bir zaman dilimini kapsayacak şekilde geniş örneklem üzerinde çalışmanın tekrarlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Arli, D.I. & H.K. Lasmono. (2010). Consumers' perception of corporate social responsibility in a developing country. *International Journal of Consumer Studies* 34, no. 1: 46–51.
- Bowen, H. (1953) *Social responsibilities of the businessman*, Harper, New York
- Chaudhuri, A. & Holbrook, M. B. (2002). Product-class effects on brand commitment and brand outcomes: The role of brand trust and brand affect. *The Journal of Brand Management*, 10(1): 33-58.
- Chatterjee, S. C. & Chaudhuri, A. (2005). Are trusted brands important, *Marketing Management Journal*, 15(1): 1-16.
- Choi, S., & A. Ng. (2011). Environmental and economic dimensions of sustainability and price effects on consumer responses. *Journal of Business Ethics* 104, no. 2: 269–82.
- Coulter, K. S. & Coulter, R. A. (2002). Determinants of trust in a service provider: The moderating role of length of relationship. *Journal of Services Marketing*, 16(1): 35-50.
- Delgado-Ballester, E., & Alemán, M. J. L. (2001). Brand trust in the context of consumer loyalty. *European Journal of Marketing*, 35(11/12), 1238-1258
- Doney, P. M. & Cannon, J. P. (1997). Trust in buyer-seller relationships. *Journal of Marketing*, 61: 35-51.
- Foroudi, P., S.A.H. Tabaghdehi, & R. Marvi. (2021). The gloom of the COVID-19 shock in the hospitality industry: A study of consumer risk perception and adaptive belief in the dark cloud of a pandemic. *International Journal of Hospitality Management* 92: 102717.
- George, G., & S. J. Schillebeeckx. (2022). Digital transformation, sustainability, and purpose in the multinational enterprise. *Journal of World Business* 57, no. 3: 101326
- Golob, U., K. Podnar, & V. Zabkar. (2023). Sustainability communication. *International Journal of Advertising* 42, no. 1: 42–51.
- Hartmann, P., & V. Apaolaza-Ibáñez. (2009). Green advertising revisited: Conditioning virtual nature experiences. *International Journal of Advertising* 28, no. 4: 715–39.
- Hartmann, P., A. Marcos, J. Castro, & V. Apaolaza. (2023). Perspectives: advertising and climate change– part of the problem or part of the solution? *International Journal of Advertising* 42, no. 2: 430–57.
- Jin, S.-A A. & Lee, K. M. (2010). The influence of regulatory fit and interactivity on brand satisfaction and trust in e-health marketing inside 3d virtual worlds(second life). *Cyberpsychology, Behavior, And Social Networking*, 13(6), 673–680.
- Kapoor, P.S., M.S. Balaji, & Y. Jiang. (2021). Effectiveness of sustainability communication on social media: Role of message appeal and message source. *International Journal of Contemporary Hospitality Management* 33, no. 3: 949–72.

- Kim, Y.M., N.T. Bendle, J. Hulland, & M.D. Pfarrer. (2024). Corporate sustainability research in marketing: Mapping progress and broadening our perspective. *Journal of the Academy of Marketing Science* 52, no. 5: 1495–512.
- Kong, H.M., A. Witmaier, & E. Ko. (2021). Sustainability and social media communication: How consumers respond to marketing efforts of luxury and non-luxury fashion brands. *Journal of Business Research* 131: 640–51.
- Lima, P.A.B., F.P.S. Falguera, H.M.R.D. Silva, S. Maciel, E.B. Mariano, & L. Elgaaied-Gambier. (2024). From green advertising to sustainable behavior: A systematic literature review through the lens of value-belief-norm framework. *International Journal of Advertising* 43, no. 1: 53–96.
- Luk, S. T.K. & Yip, L. S. C. (2008). The moderator effect of monetary sales promotion of the relationship between brand trust and purchase behaviour. *Brand Management*, 15(6), 452–464.
- McKinsey. (2020). Sustainability in packaging: Inside the minds of US consumers. <https://www.mckinsey.com/industries/packaging-and-paper/our-insights/sustainability-in-packaging-inside-the-minds-of-us-consumers>.
- Milfeld, T., & M. Pittman. (2024). Altercast framing with assertive sustainability messages: How dominant brands can motivate non-green consumers. *International Journal of Advertising* 43, no. 1: 173–201.
- Moes, A., M. Fransen, T. Verhagen, & B. Fennis. (2022). A good reason to buy: Justification drives the effect of advertising frames on impulsive socially responsible buying. *Psychology & Marketing* 39, no. 12: 2260–72.
- Mogaji, E. (2025). Transformative transport services: Leveraging sustainability, inclusivity, and technology through marketing management. *Journal of Marketing Management* 2, 1–33.
- Nikolova, H. (2023). Marketing in an identity-threatened world: Consumer coping strategies and indulgent consumption. *Psychology & Marketing* 40, no. 2: 408–26.
- Olson, E. L. (2022). Sustainable marketing mixes and the paradoxical consequences of good intentions. *Journal of Business Research* 150: 389–98.
- Plangger, K., M. Montecchi, K. de Ruyter, D.I. Keeling, M.L. Scott, & D.W. Dahl. (2025). “We could be heroes”: Reflections on reimagining marketing strategies for a better world. *Journal of the Academy of Marketing Science* 53, no. 2: 301–9.
- Rathee, S., & T. Milfeld. (2024). Sustainability advertising: Literature review and framework for future research. *International Journal of Advertising* 43, no. 1: 7–35.
- Ray, S., ve L. Nayak. (2023). Marketing sustainable fashion: Trends and future directions. *Sustainability* 15, no. 7: 6202
- Reich, B.J., & C.A.A. Soule. (2016). Green demarketing in advertisements: Comparing “buy green” and “buy less” appeals in product and institutional advertising contexts. *Journal of Advertising* 45, no. 4: 441–58.
- Sağlam, B. & M. Sağlam (2016). Marka güveni ve marka bağlılığının satın alma niyeti üzerine etkisi: Akıllı telefon pazarında bir araştırma, *İşletme & Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 5, 5, 34-43.
- Sağlam Arı, G. & Tunçay, A. (2010). Yöneticiye duyulan güven ve tükenmişlik arasındaki ilişkiler: Ankara’daki devlet hastanelerinde çalışan idari personel üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(4), 113–135.

- Sander, F., U. Föhl, N. Walter, & V. Demmer. (2021). Green or social? An analysis of environmental and social sustainability advertising and its impact on brand personality, credibility and attitude. *Journal of Brand Management* 28, no. 4: 429–45.
- Schopper, T., A. Berbers, & L. Vogelgsang. (2025). Pride or rainbow-washing? Exploring LGBTQ+ advertising from the vested stakeholder perspective. *Journal of Advertising* 54, no. 2: 233–50.
- Sharma, A., S.B. Borah, T. Haque, & A. Adhikary. (2025). Engaging customers and suppliers for environmental sustainability: Investigating the drivers and the effects on firm performance. *Journal of the Academy of Marketing Science* 53, no. 2: 341–66.
- Steenis, N.D., E. van Herpen, I.A. van der Lans, & H.C. van Trijp. (2023). Partially green, wholly deceptive? How consumers respond to (in) consistently sustainable packaged products in the presence of sustainability claims. *Journal of Advertising* 52, no. 2: 159–78.
- Sun, W., & R. Govind. (2022). A new understanding of marketing and “doing good”: Marketing’s power in the TMT and corporate social responsibility. *Journal of Business Ethics* 176, no. 1: 89–109.

KADINLARIN TARIMSAL İŞGÜCÜNE KATILIMININ TARIMSAL GELİŞME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELER ÜZERİNE BİR PANEL VERİ ANALİZİ

Arş. Gör. Dr., Tuğçe KAYA

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Adana, Türkiye, tkaya@cu.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-5376-6144>

Özet

Kadınlar tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir iş gücü kaynağı olmasına rağmen, tarımsal kalkınma üzerindeki etkileri ülkelerin ekonomik ve sosyal yapısına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, tarımda kadın istihdamının tarımsal gelişme üzerindeki etkisini seçilmiş ülkeler örneğinde incelemektir. Araştırmada 2000–2024 dönemini kapsayan panel veri seti kullanılmıştır. Veriler Dünya Bankası Dünya Kalkınma Göstergeleri (World Development Indicators) veri tabanından elde edilmiştir. Tarımsal gelişmenin göstergesi olarak tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri kullanılmıştır. Tarımda kadın istihdamı temel açıklayıcı değişken olarak modele dâhil edilirken, kırsal nüfus oranı kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır.

Araştırmada öncelikle tanımlayıcı istatistikler hesaplanmış, ardından Havuzlanmış En Küçük Kareler (Pooled OLS), Sabit Etkiler (Fixed Effects) ve Tesadüfi Etkiler (Random Effects) modelleri tahmin edilmiştir. Modeller arasında seçim yapmak amacıyla Hausman testi uygulanmıştır. Hausman testi sonuçları sabit etkiler modelinin uygun model olduğunu göstermiştir.

Elde edilen bulgular, tarımda kadın istihdamı ile tarımsal katma değer arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Ancak ülkelere özgü etkiler kontrol edildiğinde, sabit etkiler modeli sonuçlarına göre tarımda kadın istihdamının tarımsal katma değer üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kırsal nüfus oranının da tarımsal katma değer üzerinde negatif ve anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kadınların tarım sektöründeki istihdam oranının yüksek olmasının her zaman tarımsal gelişmişliği göstermediğini, özellikle düşük verimlilik düzeyine sahip tarımsal yapılarda kadın emeğinin yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, kadınların tarım sektöründeki rolünün yalnızca istihdam oranları üzerinden değerlendirilmemesi gerektiği, kadınların eğitim, teknolojiye erişim, finansman olanakları ve karar alma süreçlerine katılımlarının artırılmasının tarımsal kalkınma açısından daha önemli olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda kadın çiftçilere yönelik yayım hizmetlerinin güçlendirilmesi ve kadınların üretkenliğini artıracak politikaların geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tarımda kadın istihdamı, tarımsal gelişme, tarımsal katma değer, panel veri analizi, tarımsal yayım

THE IMPACT OF WOMEN’S PARTICIPATION in THE AGRICULTURAL LABOR FORCE on AGRICULTURAL DEVELOPMENT: A PANEL DATA ANALYSIS of SELECTED COUNTRIES**Res. Ass. Dr., Tuğçe KAYA****Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Adana, Türkiye,
tkaya@cu.edu.tr , <https://orcid.org/0000-0002-5376-6144>****Abstract**

Although women constitute an important labor force in agricultural production processes, their contribution to agricultural development may vary depending on the economic and social structures of countries. This study aims to examine the impact of women’s employment in agriculture on agricultural development in selected countries. A panel dataset covering the period 2000–2024 was utilized in the analysis. The data were obtained from the World Bank’s World Development Indicators (WDI) database. Agricultural development was represented by agriculture, forestry, and fishing value added, while female employment in agriculture was included as the main explanatory variable. Rural population was incorporated into the model as a control variable.

The analysis began with descriptive statistics and correlation analysis, followed by the estimation of Pooled Ordinary Least Squares (Pooled OLS), Fixed Effects (FE), and Random Effects (RE) models. The Hausman test was employed to determine the most appropriate panel data specification. The test results indicated that the Fixed Effects model was the preferred model for the analysis.

The findings revealed a positive correlation between female employment in agriculture and agricultural value added. However, after controlling for country-specific effects, the Fixed Effects model showed that female employment in agriculture had a negative and statistically significant impact on agricultural value added. Similarly, rural population was found to have a negative and significant effect on agricultural value added. These results suggest that a higher share of women employed in agriculture does not necessarily indicate a higher level of agricultural development. In many cases, female labor is concentrated in low-productivity agricultural systems characterized by traditional production structures and unpaid family labor.

In conclusion, the role of women in agriculture should not be evaluated solely based on employment rates. Factors such as access to education, technology, financial resources, and participation in decision-making processes appear to be more important for agricultural development. Therefore, strengthening agricultural extension services targeted at women farmers and implementing policies that enhance women’s productivity and empowerment in agriculture are essential for sustainable agricultural development.

Keywords: Female employment in agriculture, agricultural development, agricultural value added, panel data analysis, agricultural extension.

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, gıda güvenliğinin sağlanması, yoksulluğun azaltılması, kırsal kalkınmanın desteklenmesi ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesi açısından stratejik öneme sahip sektörlerden biridir (FAO, 2023; World Bank, 2024). Tarımsal üretimin sürdürülebilir biçimde artırılabilmesi yalnızca doğal kaynakların varlığına değil, aynı zamanda üretim faktörlerinin etkin kullanımına ve özellikle insan sermayesinin niteliğine bağlıdır (Doss, 2018).

Kadınlar dünya genelinde tarımsal üretim süreçlerinde önemli bir iş gücü kaynağını oluşturmaktadır. FAO verilerine göre, 2021 yılında dünya genelinde tarım sektöründe çalışanların yaklaşık %37,8'ini kadınlar oluştururken, bazı düşük gelirli ülkelerde ve Sahra Altı Afrika'daki birçok ülkede bu oran %50'nin üzerine çıkmaktadır (FAO, 2023). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kadınlar ekim, dikim, hasat, hayvancılık, ürün işleme ve pazarlama faaliyetlerinin hemen her aşamasında aktif rol almaktadır (FAO, 2011). Buna rağmen kadınların arazi mülkiyeti, tarımsal kredi, modern teknoloji, eğitim, yayım hizmetleri ve üretim girdilerine erişimlerinin erkeklere kıyasla daha sınırlı olduğu bilinmektedir (Peterman ve ark., 2014; Quisumbing ve ark., 2014). Bu yapısal eşitsizlikler kadın emeğinin üretkenliğini sınırlandırmakta ve tarımsal kalkınmaya sağlayabileceği katkının tam olarak ortaya çıkmasını engelleyebilmektedir (Meinzen-Dick ve ark., 2011).

Literatürde kadınların tarım sektöründeki rolüne ilişkin iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşım, kadınların üretim kaynaklarına eşit erişim sağlaması durumunda tarımsal verimlilik ve gıda üretiminde önemli artışlar gerçekleşeceğini savunmaktadır (FAO, 2011). İkinci yaklaşım ise kadınların tarım sektöründeki yüksek istihdam oranının her zaman tarımsal gelişmişliği göstermediğini, aksine birçok gelişmekte olan ülkede kadın emeğinin ücretsiz aile işçiliği, düşük gelirli küçük aile işletmeleri ve düşük teknolojiye dayalı üretim yapılarıyla ilişkili olduğunu ileri sürmektedir (Doss, 2018). Bu nedenle kadınların tarımdaki katkısının yalnızca istihdam oranları üzerinden değerlendirilmesi yerine, üretkenlik, eğitim, teknoloji kullanımı ve karar alma süreçlerine katılım gibi niteliksel göstergelerle birlikte ele alınması gerektiği belirtilmektedir (FAO, 2023; Quisumbing ve ark., 2014).

Son yıllarda yapılan araştırmalar da kadınların üretim kaynaklarına erişiminin tarımsal performans üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Peterman ve ark. (2014), gelişmekte olan ülkelerde kadınların teknoloji, tarımsal girdi ve yayım hizmetlerinden erkeklere göre daha az yararlandığını göstermiştir. Benzer şekilde Doss (2018), kadınların tarımsal üretkenliğinin düşük olmasının temel nedeninin cinsiyet değil, üretim kaynaklarına erişimde yaşanan eşitsizlikler olduğunu vurgulamaktadır. Meinzen-Dick ve ark. (2011) ise kadın çiftçilere yönelik yayım hizmetlerinin geliştirilmesinin tarımsal verimlilik artışında önemli rol oynadığını ifade etmektedir.

Bunun yanında kırsal nüfus yapısı da tarımsal gelişmeyi etkileyen önemli değişkenlerden biridir. Kırsal nüfusun yüksek olduğu ülkelerde tarımsal faaliyetler çoğu zaman emek yoğun, küçük ölçekli ve düşük teknolojiye üretim sistemlerine dayanmaktadır. Bu durum tarımsal katma değer sınırlı kalmasına neden olabilmektedir (Christiaensen ve Todo, 2014; World Bank, 2024). Dolayısıyla kadın istihdamının tarımsal gelişme üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde kırsal nüfus gibi yapısal faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Literatürde kadınların tarımsal üretimdeki rolünü inceleyen çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, kadınların tarımdaki istihdam oranı ile tarımsal katma değer arasındaki ilişkiyi ülkeler arası panel veri yöntemi kullanarak uzun dönemli olarak inceleyen araştırmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle kadın istihdamının niceliksel artışının tarımsal kalkınmaya doğrudan katkı sağlayıp sağlamadığı konusunda farklı sonuçlar elde edilmektedir (Doss, 2018; FAO, 2023). Bu nedenle kadınların tarımdaki istihdamının tarımsal gelişme üzerindeki etkisinin panel veri analizi ile yeniden değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, seçilmiş ülkelerde 2000–2024 dönemine ait panel veri kullanılarak kadınların tarımsal işgücüne katılımının tarımsal katma değer üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmada tarımsal gelişmenin

göstergesi olarak tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri kullanılmış; kadın istihdamı temel açıklayıcı değişken, kırsal nüfus oranı ise kontrol değişkeni olarak modele dâhil edilmiştir. Çalışmanın, kadınların tarım sektöründeki rollerinin yalnızca istihdam oranları üzerinden değerlendirilmemesi gerektiğine ilişkin ampirik kanıt sunması ve kadın odaklı tarım politikalarının geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada tarımda kadın istihdamı ile tarımsal gelişme arasındaki ilişki panel veri analizi kullanılarak incelenmiştir. Araştırmanın materyalini, Dünya Bankası Dünya Kalkınma Göstergeleri veri tabanından elde edilen ve veri bütünlüğünü sağlayan 17 ülkeye ait 2000–2024 dönemini kapsayan yıllık ikincil veriler oluşturmaktadır. Başlangıçta 19 ülkeye ait veriler incelenmiş; ancak veri eksikliği nedeniyle Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu durumda Türkiye, Birleşik Krallık, Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Çin, Fransa, Almanya, Hindistan, Endonezya, Güney Kore, İtalya, Meksika, Güney Afrika, Suudi Arabistan ve Rusya Federasyonu olmak üzere toplam 17 ülke analize dâhil edilmiştir.

Çalışmada tarımsal gelişmenin göstergesi olarak tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri (Agriculture, Forestry and Fishing Value Added) kullanılmıştır. Tarımda kadın istihdamı oranı temel açıklayıcı değişken olarak modele dahil edilmiştir. Ayrıca kırsal nüfus oranı kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan değişkenler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Değişkenler

Değişken	Sembol	Açıklama	Kaynak
Tarımsal Katma Değer	AVA	Tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri (sabit 2015 ABD doları)	Dünya Bankası
Tarımda Kadın İstihdamı	FEMALE	Tarım sektöründe çalışan kadınların toplam kadın istihdamı içindeki payı (%)	Dünya Bankası
Kırsal Nüfus	RURAL	Kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı (%)	Dünya Bankası

Araştırma Hipotezleri

Çalışmada aşağıdaki hipotezler test edilmiştir:

H₁: Tarımda kadın istihdamının tarımsal katma değer üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur.

H₂: Kırsal nüfus oranının tarımsal katma değer üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur.

2.2. Yöntem

Araştırmada öncelikle değişkenlere ilişkin genel eğilimlerin belirlenmesi amacıyla tanımlayıcı istatistiklerden yararlanılmıştır.

Değişkenler arasındaki ilişkinin ekonometrik olarak incelenmesinde ise panel veri analiz yöntemlerinden Havuzlandırılmış En Küçük Kareler (Pooled Ordinary Least Squares), Sabit Etkiler (Fixed Effects) ve Tesadüfi Etkiler (Random Effects) modelleri kullanılmıştır (Baltagi, 2008; Wooldridge, 2010).

Sabit etkiler modeli ile tesadüfi etkiler modeli arasında uygun modelin belirlenmesi amacıyla Hausman testi uygulanmıştır. Hausman testinde sıfır hipotezi, tesadüfi etkiler modelinin tutarlı ve etkin tahminler verdiğini ifade etmektedir. Test sonucunda elde edilen olasılık değerine göre uygun panel veri modeli belirlenmiş ve analizler bu model üzerinden yorumlanmıştır (Hausman, 1978).

Analizde kullanılan model aşağıdaki gibidir:

$$\ln AVA_{it} = \beta_0 + \beta_1 FEMALE_{it} + \beta_2 RURAL_{it} + \varepsilon_{it}$$

Burada;

$\ln AVA$: Tarımsal katma değer in doğal logaritmasını,

$FEMALE$: Tarımda kadın istihdamı oranını,

$RURAL$: Kırsal nüfus oranını,

β_0 : Sabit terimi,

β_1 ve β_2 : Bağımsız değişken katsayılarını,

ε : Hata terimini,

i : Ülkeleri,

t : Zaman boyutunu göstermektedir.

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyleri esas alınmıştır. Elde edilen bulgular kadın istihdamı, kırsal nüfus yapısı ve tarımsal gelişme arasındaki ilişkiler çerçevesinde yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Panel Regresyon Analizi Sonuçları

Analizde bağımlı değişken olarak tarımsal katma değer in doğal logaritması kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler tarımda kadın istihdamı ve kırsal nüfus oranıdır. Eksik veriler çıkarıldıktan sonra analiz 17 ülke ve 425 gözlem üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Tarımsal Katma Değer(AVA)	425	102,86 (x1000000)	210,826 (x1000000)	5,284 (x1000000)	1.316,428 (x1000000)
$\ln(AVA)$	425	24,484	1,101	22,388	27,906
$FEMALE$ (%)	425	11,977	17,521	0,441	74,072
$RURAL$ (%)	425	27,126	15,537	7,726	72,353

Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, 2000–2024 döneminde analize dahil edilen 17 ülkede tarımda kadın istihdamı oranının ortalama %11,977 olduğu görülmektedir. Kırsal nüfus oranı ortalama %27,126 düzeyindedir. Tarımsal katma değer değişkeninin ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermesi nedeniyle ekonometrik analizde değişkenin doğal logaritması kullanılmıştır.

Tablo 3. Panel Regresyon Sonuçları

Değişken	Havuzlanmış (Pooled) OLS	Sabit Etkiler	Tesadüfi Etkiler
Bağımlı değişken: ln(AVA)			
FEMALE (%)	0,0448*** (11,039)	-0,0126*** (-4,364)	-0,0114*** (-3,772)
RURAL (%)	-0,0008 (-0,166)	-0,0196*** (-6,372)	-0,0197*** (-6,130)
Sabit Terim	23,967*** (252,250)	24,225*** (801,722)	25,155*** (122,775)
Gözlem Sayısı	425	425	425
Ülke Sayısı	17	17	17
R ²	0,496	0,988	0,490
Within R ²	-	0,541	-

Not: Parantez içindeki değerler t istatistiklerini göstermektedir. *** p<0,01.

Tablo 4. Hausman Testi Sonucu

Test	Ki-kare	p değeri	Karar
Hausman Testi	90,22	0,000	Sabit etkiler modeli tercih edilmiştir

Hausman testi sonucuna göre sabit etkiler modeli tercih edilmiştir. Bu nedenle bulguların yorumlanmasında sabit etkiler modeli esas alınmıştır.

$$\ln(\widehat{AVA}_{it}) = 24.225 - 0.0126FEMALE_{it} - 0.0196RURAL_{it}$$

Sabit etkiler modeli sonuçlarına göre tarımda kadın istihdamı değişkeninin katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($\beta = -0,0126$; $p < 0,01$). Buna göre, ülkelere özgü sabit etkiler ve ülke içi zaman değişimi dikkate alındığında tarımda kadın istihdamı oranındaki artış tarımsal katma değer ile ters yönlü ilişkilidir. Bu sonuç, kadınların tarımdaki istihdam oranının yüksek olmasının her zaman tarımsal gelişmişliği göstermediğini; aksine bazı ülkelerde kadın emeğinin daha çok düşük verimlilik, ücretsiz aile işçiliği ve geleneksel üretim yapıları içinde yoğunlaşabileceğini göstermektedir.

Kırsal nüfus oranı da sabit etkiler modelinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\beta = -0,0196$; $p < 0,01$). Bu bulgu, kırsal nüfus oranı yüksek olan ülkelerde tarımsal faaliyetlerin daha emek yoğun, küçük ölçekli ve düşük teknoloji yapılarında sürdürülebileceğini; bu nedenle tarımsal katma değerinin sınırlı kalabileceğini düşündürmektedir.

Genel olarak bulgular, tarımda kadın istihdamının niceliksel olarak artmasının tek başına tarımsal gelişmeyi garanti etmediğini göstermektedir. Kadınların tarımdaki istihdamının üretken, kayıtlı, eğitilmiş ve teknoloji destekli hale getirilmesi tarımsal kalkınma açısından daha önemlidir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tarımda kadın istihdamının tarımsal gelişme üzerindeki etkisi seçilmiş ülkeler için 2000–2024 dönemini kapsayan panel veri seti kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada tarımsal gelişmenin göstergesi olarak tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri kullanılmış, tarımda kadın istihdamı temel açıklayıcı değişken olarak modele dâhil edilmiş ve kırsal nüfus oranı kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır.

Tanımlayıcı istatistikler, incelenen ülkelerde tarımda kadın istihdamı ve kırsal nüfus oranlarının önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte panel veri analizinden elde edilen bulgular, ülkelerin kendilerine özgü yapısal özellikleri kontrol edildiğinde farklı sonuçlar ortaya koymuştur.

Hausman testi sonuçları doğrultusunda sabit etkiler modelinin uygun model olduğu belirlenmiştir. Sabit etkiler modeli sonuçlarına göre tarımda kadın istihdamı değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, ancak katsayısının negatif olduğu görülmüştür. Bu sonuç, kadınların tarım sektöründeki istihdam oranının yüksek olmasının her zaman tarımsal gelişmişliği göstermediğini ortaya koymaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kadınların tarımsal faaliyetlerde yoğun olarak yer alması çoğu zaman düşük gelirli aile işletmeleri, ücretsiz aile işçiliği ve düşük teknoloji üretim sistemleri ile ilişkilendirilmektedir (Doss, 2018; FAO, 2023). Bu nedenle kadınların tarımdaki varlığının niceliksel olarak artması tek başına tarımsal gelişmeyi açıklamakta yetersiz kalabilmektedir.

Bu bulgu, kadınların tarımsal kalkınmaya katkısının yalnızca işgücüne katılım oranıyla değil, aynı zamanda eğitim düzeyi, üretim kaynaklarına erişim, teknoloji kullanımı ve kurumsal destek mekanizmalarıyla da yakından ilişkili olduğunu ortaya koyan önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Quisumbing ve ark., 2014; Peterman ve ark., 2014; Doss, 2018). Dolayısıyla kadın istihdamının tarımsal kalkınmaya etkisinin değerlendirilmesinde niceliksel göstergelerin yanı sıra kadınların üretkenliğini belirleyen yapısal faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Araştırmada kırsal nüfus oranının da tarımsal katma değer üzerinde negatif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, kırsal nüfusun yüksek olduğu ülkelerde tarımsal faaliyetlerin daha emek yoğun ve düşük verimlilik düzeyinde gerçekleştirilebildiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar kırsal dönüşüm ve yapısal değişim üzerine yapılan çalışmalarda da vurgulanmaktadır (Christiaensen ve Todo, 2014; World Bank, 2024).

Elde edilen sonuçlar kadınların tarım sektöründeki rollerinin yalnızca istihdam oranları üzerinden değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Kadınların eğitim düzeyleri, teknolojiye erişimleri, karar alma süreçlerine katılımları ve üretim kaynaklarına erişimleri tarımsal kalkınma açısından daha belirleyici faktörlerdir. Kadınların tarımsal üretimdeki etkinliklerinin artırılması, yalnızca istihdam oranlarının yükseltilmesiyle değil, aynı zamanda üretkenliklerini artıracak yapısal politikaların uygulanmasıyla mümkün olacaktır (Meinzen-Dick ve ark., 2011; FAO, 2023).

Bu çalışmanın temel sınırlılığı, kadınların tarım sektöründeki rolünün yalnızca tarımda kadın istihdamı değişkeni üzerinden değerlendirilmesidir. Veri kısıtları nedeniyle kadınların eğitim düzeyi, arazi mülkiyetine sahip olma durumu, tarımsal krediye erişimi, teknoloji kullanımı, girişimcilik düzeyi ve karar alma süreçlerine katılımı gibi değişkenler analize dâhil edilememiştir. Ayrıca çalışma, yalnızca seçilmiş ülkeleri kapsadığı için elde edilen bulguların tüm ülkelere genellenmesi dikkatle değerlendirilmelidir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda bu değişkenlerin modele dâhil edilmesi ve farklı ülke grupları ile bölgesel karşılaştırmaların yapılması, kadınların tarımsal kalkınmaya katkısının daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

Araştırma sonuçları doğrultusunda aşağıdaki politika önerileri geliştirilebilir:

- Kadın çiftçilere yönelik tarımsal yayım ve danışmanlık hizmetleri güçlendirilmelidir.
- Kadınların tarımsal eğitim programlarına katılımı artırılmalıdır.
- Kadınların tarım teknolojilerine ve dijital bilgi kaynaklarına erişimi desteklenmelidir.
- Kadın girişimcilerin tarımsal kredi ve finansman kaynaklarına erişimi kolaylaştırılmalıdır.
- Tarımsal üretimde kadınların karar alma süreçlerine katılımını artıracak politikalar geliştirilmelidir.
- Kırsal bölgelerde kadınların örgütlenmesini destekleyen kooperatif ve üretici birlikleri yaygınlaştırılmalıdır.

- Kadınların arazi mülkiyetine, modern üretim teknolojilerine ve dijital tarım uygulamalarına erişimini artıracak bütüncül kırsal kalkınma politikaları uygulanmalıdır.
- Kadın çiftçilere yönelik dijital tarım uygulamaları, veri temelli üretim teknikleri ve iklim dostu tarım teknolojilerinin kullanımını teşvik edecek eğitim programları yaygınlaştırılmalıdır.

Sonuç olarak, tarımda kadın istihdamının artırılması önemli olmakla birlikte, sürdürülebilir tarımsal kalkınma açısından asıl önemli olan kadınların üretken, eğitilmiş, teknolojiye erişebilen ve karar alma süreçlerine aktif olarak katılabilen bireyler olarak tarım sektöründe yer almalarının sağlanmasıdır. Bu doğrultuda, kadınların tarım sektöründeki ekonomik ve sosyal güçlenmesini destekleyen bütüncül politikaların uygulanması, sürdürülebilir tarımsal kalkınma hedeflerine ulaşılmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Baltagi, B. H. (2008). *Econometric analysis of panel data*. Rohn Wiley.

Christiaensen, L., & Todo, Y. (2014). Poverty reduction during the rural–urban transformation: The role of the missing middle. *World Development*, 63, 43–58. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.10.002>

Doss, C. (2018). Women and agricultural productivity: Reframing the issues. *Development Policy Review*, 36(1), 35–50. <https://doi.org/10.1111/dpr.12243>

FAO. (2011). *The state of food and agriculture 2010–2011: Women in agriculture: Closing the gender gap for development*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2023). *The status of women in agrifood systems*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc5343en>

Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271.

Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A., Behrman, J., Biermayr-Jenzano, P., Wilde, V., Noordeloos, M., Ragasa, C., & Beintema, N. (2011). *Engendering agricultural research, development, and extension*. Washington, DC: IFPRI.

Quisumbing, A. R., Meinzen-Dick, R., Raney, T., Croppenstedt, A., Behrman, J., & Peterman, A. (2014). *Gender in agriculture: Closing the knowledge gap*. Dordrecht: Springer.

Peterman, A., Behrman, J. A., & Quisumbing, A. R. (2014). A review of empirical evidence on gender differences in nonland agricultural inputs, technology, and services in developing countries. *Gender in Agriculture*, 145–186.

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2nd ed.). MIT Press.

World Bank. (2024). *World Development Indicators (WDI)*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

DİJİTAL PAZARLAMA VE YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ**Arş. Gör. Abdulkadir KURTULAN****Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü****abdulkadirkurtulan@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0000-3210-2122****Arş. Gör. Nuriye KARAKAYA****Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü****nuriyekarakaya@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-2148-8769****Arş. Gör. Mehmet Emin BOZKURT****Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü****eminbozkurt@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-3063-9047****Özet**

Bu bibliyometrik analiz çalışması, dijital pazarlama ve yapay zeka entegrasyonuna yönelik akademik literatürün 2011-2026 yılları arasındaki gelişimini ve mevcut durumunu kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Toplam 457 çalışmanın verileri üzerinde gerçekleştirilen analiz; yıllık %31,53'lük yayın büyüme oranının, konunun akademik dünyada "yükselen bir paradigma" olduğunu ve 2023 sonrası dönemin bu alanda bir kırılma noktası yarattığını ortaya koymaktadır. Literatürün etki gücü, ulaşılan 28.730 toplam atıf hacmi ve makale başına düşen 17,74 ortalama atıf sayısı ile teyit edilmektedir. Bulgular, araştırmaların disiplinlerarası bir yapı sergilediğini, 2,98 yazar ortalaması ve %24,51'lik uluslararası ortak yazarlık oranı ile kolektif bir bilgi üretim sürecine işaret etmektedir. Coğrafi ve kurumsal dağılım incelendiğinde, Hindistan'ın üretim hacmiyle lider konumda olduğu, Avrupa ve Asya merkezli birçok üniversitenin ise alana ciddi katkı sağladığı görülmektedir. Ayrıca, literatürdeki en fazla atıf alan çalışmaların dijital pazarlamanın geleceği, yapay zeka tabanlı CRM sistemleri ve chatbot kullanımı üzerine yoğunlaşması, konunun teorik ve uygulamalı boyutlarının olgunluk evresine girdiğini kanıtlamaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, dijital pazarlama ve yapay zeka arasındaki entegrasyonu haritalandırarak, alandaki mevcut eğilimleri bilimsel verilerle ortaya koymakta ve gelecek araştırmalar için stratejik bir temel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Pazarlama, Yapay Zeka, Bibliyometrik Analiz

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF DIGITAL MARKETING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERATURE

Research Assistant Abdulkadir KURTULAN

Karabük University, Faculty of Business Administration, Department of Public Relations and Advertising, abdulkadirkurtulan@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0000-3210-2122

Research Assistant Nuriye KARAKAYA

Karabük University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration nuriyekarakaya@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-2148-8769

Research Assistant Mehmet Emin BOZKURT

Karabük University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration eminbozkurt@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-3063-9047

Abstract

This bibliometric study comprehensively examines the development and current state of the academic literature on the integration of digital marketing and artificial intelligence between 2011 and 2026. Analyzing data from 457 publications, the study reveals that the annual publication growth rate of 31.53% confirms the topic as an "emerging paradigm" in the academic world, with the period after 2023 marking a pivotal turning point in this field. The impact of the literature is validated by a total of 28,730 citations and an average of 17.74 citations per article. The findings indicate that research exhibits an interdisciplinary structure, pointing to a collective knowledge production process with an average of 2.98 authors per article and a 24.51% international co-authorship rate. When examining the geographical and institutional distribution, it is observed that India leads in production volume, while many universities based in Europe and Asia make significant contributions to the field. Furthermore, the concentration of the most cited works on topics such as the future of digital marketing, AI-based CRM systems, and chatbot usage proves that the theoretical and practical dimensions of the subject have reached a stage of maturity. Consequently, this study maps the integration between digital marketing and artificial intelligence, presents current trends in the field with scientific data, and provides a strategic foundation for future research.

Keywords: Digital Marketing, Artificial Intelligence, Bibliometric Analysis

GİRİŞ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, pazarlama faaliyetlerinin dijital ortamlara taşınmasını sağlayarak işletmeler ile tüketiciler arasındaki etkileşim biçimlerini önemli ölçüde dönüştürmüştür. Geleneksel pazarlama anlayışının yerini giderek daha fazla veri odaklı, etkileşimli ve kişiselleştirilmiş uygulamalar alırken, dijital pazarlama günümüz işletmeleri için stratejik bir zorunluluk hâline gelmiştir. Dijital pazarlama; internet, mobil teknolojiler, sosyal medya platformları, arama motorları ve diğer dijital kanallar aracılığıyla hedef kitlelere ulaşmayı amaçlayan faaliyetlerin bütünü ifade etmektedir (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019). Dijitalleşmenin tüketici davranışlarında meydana getirdiği değişimler, işletmeleri daha etkin, hızlı ve kişiselleştirilmiş pazarlama çözümleri geliştirmeye yöneltmiştir.

Son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, dijital pazarlama uygulamalarının kapsamını ve etkinliğini önemli ölçüde artırmıştır. Yapay zekâ; öğrenme, problem çözme, karar verme ve tahmin yürütme gibi insan zekâsına özgü süreçleri bilgisayar sistemleri aracılığıyla gerçekleştirmeyi amaçlayan teknolojiler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Russell & Norvig, 2021). Büyük veri analitiği, makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve üretken yapay zekâ uygulamaları sayesinde işletmeler, tüketici ihtiyaçlarını daha doğru analiz edebilmekte ve kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirebilmektedir. Özellikle müşteri ilişkileri yönetimi, hedefleme, içerik üretimi, reklam optimizasyonu ve tüketici davranışlarının tahmin edilmesi gibi alanlarda yapay zekâ tabanlı uygulamaların yaygınlaştığı görülmektedir (Huang & Rust, 2021).

Dijital pazarlama ile yapay zekâ arasındaki etkileşimin giderek güçlenmesi, bu alanda gerçekleştirilen akademik çalışmaların sayısında da önemli bir artışa neden olmuştur. Literatürde yapay zekânın tüketici deneyimi, satın alma niyeti, marka algısı, müşteri memnuniyeti ve reklam etkinliği üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Dwivedi vd., 2021). Bununla birlikte, söz konusu araştırmaların zaman içerisindeki gelişim eğilimlerinin, araştırma temalarının, iş birliği ağlarının ve etkili yayın kaynaklarının bütüncül bir perspektifle değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada bibliyometrik analiz yöntemleri, belirli bir araştırma alanının entelektüel yapısını ortaya koymak, araştırma eğilimlerini belirlemek ve gelecekteki araştırma yönelimlerine ışık tutmak açısından önemli katkılar sunmaktadır (Donthu vd., 2021).

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu çalışmada, dijital pazarlama ve yapay zekâ konularını birlikte ele alan bilimsel yayınların bibliyometrik açıdan incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda ilgili literatürün gelişim süreci, yayın performansı, yapıları, yazar iş birlikleri ve araştırma eğilimleri analiz edilerek alanın mevcut durumu ortaya konulmaktadır. Elde edilen bulguların, hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara dijital pazarlama ve yapay zekâ literatürünün gelişimini daha kapsamlı biçimde değerlendirme konusunda katkı sağlaması beklenmektedir.

2. YÖNTEM

Bibliyometrik yaklaşımların disiplinler arası çalışmalarda kullanımı, geniş literatür yığınlarının sistematik olarak çözümlenmesine ve karmaşık araştırma sahalarının yapısal haritasının çıkarılmasına olanak tanıyarak bilimsel süreçte giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Bilim haritalama çalışmaları, doğası gereği yüksek teknik gereksinimlere sahip, çok katmanlı ve özel yazılım desteği gerektiren süreçleri kapsamaktadır. Bu noktada, akademik literatürde sıkça tercih edilen "bibliometrix" R paketi, bibliyometrik analizlerin iş akışını standart bir yapıya oturtarak araştırmacılara entegre ve dinamik bir çözüm çerçevesi sağlamaktadır (Aria ve Cuccurullo, 2017). Bilim haritalama, temelde belirli bir disiplinin entelektüel, kavramsal ve sosyal ağlarını görselleştiren tekniklerle analiz edilmesine odaklanmaktadır. Bibliyometrik analizler, bilimsel çıktının nicel olarak ölçülmesinde veri madenciliği, temizleme, analiz ve yorumlama gibi katı bir hiyerarşiyi takip etmektedir. Özellikle veri ön işleme aşaması, yazar isimlerindeki tutarsızlıkların, atıf kayıtlarındaki tekrarların ve yazım kusurlarının giderilmesi bakımından, ortaya çıkan sonuçların geçerliliği ve güvenilirliği için hayati bir önem

taşımaktadır (Cobo vd., 2011). Bu çalışma kapsamında, belirlenen araştırma sahasına dair literatürün nicel boyutu bibliyometrik yöntemlerle incelenmiştir. Bu analizlerle, çalışma alanının kavramsal çerçevesi, entelektüel gelişim süreci ve yazar iş birliği ağları sistematik bir şekilde haritalandırılmıştır.

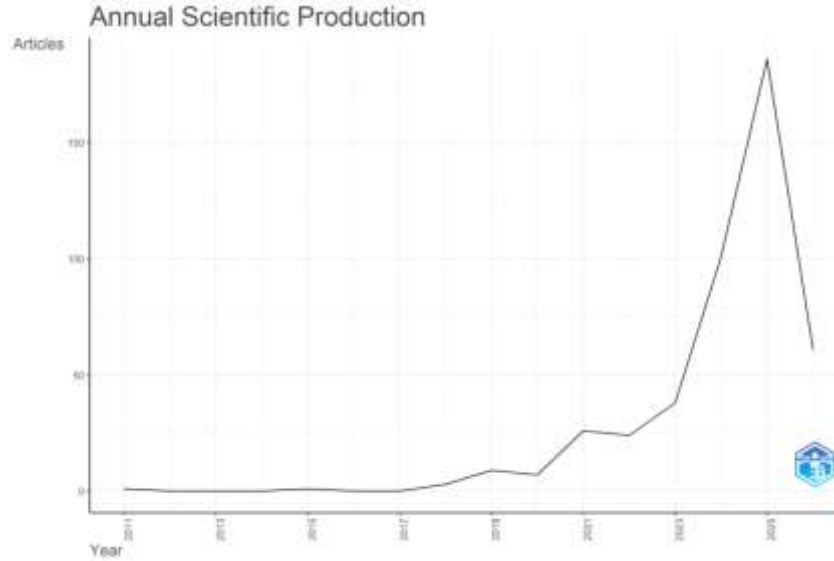
3. BULGULAR

Bibliyometrik yaklaşımların disiplinler arası çalışmalarda kullanımı, geniş literatür yığınlarının sistematik olarak çözümlenmesine ve karmaşık araştırma sahalarının yapısal haritasının çıkarılmasına olanak tanıyarak bilimsel süreçte giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Bilim haritalama çalışmaları, doğası gereği yüksek teknik gereksinimlere sahip, çok katmanlı ve özel yazılım desteği gerektiren süreçleri kapsamaktadır. Bu noktada, akademik literatürde sıkça tercih edilen "bibliometrix" R paketi, bibliyometrik analizlerin iş akışını standart bir yapıya oturtarak araştırmacılara entegre ve dinamik bir çözüm çerçevesi sağlamaktadır (Aria ve Cuccurullo 2017). Bilim haritalama, temelde belirli bir disiplinin entelektüel, kavramsal ve sosyal ağlarını görselleştiren tekniklerle analiz edilmesine odaklanmaktadır. Bibliyometrik analizler, bilimsel çıktının nicel olarak ölçülmesinde veri madenciliği, temizleme, analiz ve yorumlama gibi katı bir hiyerarşiyi takip etmektedir. Özellikle veri ön işleme aşaması, yazar isimlerindeki tutarsızlıkların, atıf kayıtlarındaki tekrarların ve yazım kusurlarının giderilmesi bakımından, ortaya çıkan sonuçların geçerliliği ve güvenilirliği için hayati bir önem taşımaktadır (Cobo vd. , 2011). Bu çalışma kapsamında, belirlenen araştırma sahasına dair literatürün nicel boyutu bibliyometrik yöntemlerle incelenmiştir. Bu analizlerle, çalışma alanının kavramsal çerçevesi, entelektüel gelişim süreci ve yazar iş birliği ağları sistematik bir şekilde haritalandırılmıştır

Tablo 1. Çalışmalar Hakkında Genel Bilgiler

Açıklama	Sonuçlar
Veri Hakkındaki Temel Bilgiler	
Zaman Aralığı	2011:2026
Kaynaklar (Makale, Kitap vb.)	315
Toplam Çalışma	457
Yıllık Büyüme Oranı %	31,53
Makale Başlı Ortalama Atıf	17,74
Toplam Atıf	28730
Belge İçerikleri	
Anahtar Kelime Plus (ID)	1197
Yazarın Anahtar Kelimeleri (DE)	1188
Yazarlar Hakkında	
Yazarlar	1260
YAZAR İŞ BİRLİĞİ	
Tek Yazarlı Makale	93
Makale Başına Yazar Sayısı	2,98
Uluslararası Ortak Yazarlık Oranı %	24,51
Çalışma Türleri	
Makale	195
Kitap	53
Kitap Bölümü	145
Konferans bildirisi	45
Derleme	19

Dijital pazarlama ve yapay zeka ekseninde gerçekleştirilen bu bibliyometrik analiz, disiplinler arası literatürün mevcut durumunu yansıtan oldukça nitelikli ve kapsamlı bir tablo sunmaktadır. Özellikle %31,53 düzeyindeki yıllık büyüme oranı, söz konusu alanın akademik literatürdeki popülaritesinin ve kuramsal genişlemesinin ne denli ivme kazandığını istatistiksel olarak teyit etmektedir. Makale başına düşen ortalama 17,74 atıf ve 28.730'luk toplam atıf hacmi, incelenen külliyyatın yalnızca sayısal bir artıştan ibaret olmadığını, aynı zamanda literatürde dikkate alınan ve referans verilen temel bir etki gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma türlerinin dağılımı incelendiğinde, makale ve kitap bölümlerinin ağırlıklı olması, konunun hem özgün araştırmalarda hem de teorik sentezlerde derinlemesine ele alındığını ortaya koymaktadır. Yazar iş birliği örüntüleri bağlamında ise, makale başına düşen 2,98'lik yazar sayısı ve %24,51'lik uluslararası ortak yazarlık oranı, bu disiplinin kolektif bir üretim süreci gerektirdiğini ve küresel bir akademik ağ ile desteklendiğini kanıtlamaktadır. Anahtar kelimelerin sayısal yakınlığı ve tutarlılığı, alanda terminolojik bir konsensüsün oluşmaya başladığını ve literatürün metodolojik açıdan olgunluk evresine geçtiğini işaret etmektedir. Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, elde edilen bu bulgular, pazarlama disiplini ile yapay zeka entegrasyonuna yönelik akademik ilginin sadece güncel bir trend değil, aynı zamanda yapısal bir dönüşüm süreci içerisinde olduğunu bilimsel bir temele oturtmaktadır.

Tablo 2. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı


Tablo 2’de dijital pazarlama ve yapay zeka alanındaki akademik yayın eğilimlerini tarihsel bir perspektifle ortaya koyulmaktadır. 2011-2019 yılları arasındaki durağan ve görece düşük yayın hacmi, konunun henüz keşif aşamasında olduğunu ve literatürde kendine yer edinmeye başladığını göstermektedir. 2020 yılından itibaren başlayan pozitif ivmelenme, özellikle 2023 sonrası dik bir yükselişle "kırılma noktasına" ulaşmış, bu durum araştırmacıların alana olan ilgisinin ve üretkenliğinin eksponansiyel bir artış sergilediğini kanıtlar niteliktedir.

Grafikte 2025 yılında gözlemlenen zirve noktası, üretken yapay zeka ve otomasyon teknolojilerinin pazarlama disiplini üzerindeki dönüştürücü etkisinin akademik çevrelerde en yoğun tartışıldığı dönemi işaret etmektedir. 2026 yılına ait verinin düşüş eğiliminde görünmesi, verinin yılın tamamını kapsamamış olması veya güncel yayın tarama sürecinden kaynaklanan zamansal bir kısıt olarak yorumlanmalıdır. Genel hatlarıyla bu görsel, dijital pazarlama ve yapay zeka entegrasyonunun artık marjinal bir araştırma konusu olmaktan çıkıp, akademik yazında merkezi bir paradigma haline geldiğini net bir şekilde doğrulamaktadır.

Tablo 3. En Çok Çalışma Yapılan Dergiler

Kaynak	Çalışma Sayısı
APPLIED MARKETING ANALYTICS	9
COGENT BUSINESS AND MANAGEMENT	9
SPRINGER PROCEEDINGS IN BUSINESS AND ECONOMICS	9
JOURNAL OF DIGITAL AND SOCIAL MEDIA MARKETING	7
THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIGITAL MARKETING: COMPETITIVE STRATEGIES AND TACTICS	6
CONTEMPORARY APPROACHES OF DIGITAL MARKETING AND THE ROLE OF MACHINE INTELLIGENCE	5
INTERNATIONAL MARKETING REVIEW	5
INTERNATIONAL REVIEW OF MANAGEMENT AND MARKETING	5
JOURNAL OF RETAILING AND CONSUMER SERVICES	5
JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED ELECTRONIC COMMERCE RESEARCH	5

Tablo 3 verileri incelendiğinde, dijital pazarlama ve yapay zeka alanındaki literatürün belirli mecralar etrafında kümелendiği görülmektedir. *Applied Marketing Analytics*, *Cogent Business and Management* ve *Springer Proceedings in Business and Economics* adlı kaynaklar, dokuzar yayınla alandaki akademik üretimin merkezinde yer alarak konuya yönelik yoğun ilgiyi temsil etmektedir. *Journal of Digital and Social Media Marketing* ise yedi yayınıyla bu mecraları takip etmekte olup, dijital medya odaklı araştırmalar için önemli bir platform olma niteliği taşımaktadır.

Tablonun devamında yer alan veriler, *International Marketing Review* ve *International Review of Management and Marketing* gibi hakemli dergilerin yanı sıra, yapay zeka ve dijital pazarlama stratejilerini konu alan özel çalışma kitaplarının da literatürde kayda değer bir görünürlüğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu dağılım, söz konusu disiplinin hem geleneksel akademik dergilerde hem de güncel teknolojik gelişmeleri odak noktasına alan yayın mecralarında eş zamanlı olarak tartışıldığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu mecra çeşitliliği, dijital pazarlama ve yapay zeka arasındaki entegrasyonun akademik çevrelerce çok boyutlu bir şekilde izlendiğini ve bu alandaki bilgi üretiminin disiplinler arası bir ağ üzerinden ilerlediğini kanıtlamaktadır

Tablo 4. En Çok Yayın Yapan Yazarlar

Yazarlar	Makale Sayısı
NAIM, ARSHI	5
PIRES, PAULO BOTELHO	5
SANTOS, JOSÉ DUARTE	5
SAURA, JOSE RAMON	5
FARUK, MOHAMMAD	4
AL-ABABNEH, HASSAN ALI	3
CUTLER, KELLY	3
GKIKAS, DIMITRIS C.	3
KARJALUOTO, HEIKKI	3
KUMAR, VIKAS	3

Tablo 4 verileri, dijital pazarlama ve yapay zeka alanındaki literatürün üretim sürecine liderlik eden araştırmacıları tanımlamaktadır. Listede beşer makale ile yer alan Naim, Pires, Santos ve Saura isimleri, bu alandaki akademik bilgi birikimine en yüksek katkıyı sunan öncü isimler olarak öne çıkmaktadır. Bu isimleri dört makale ile Faruk ve üçer makale ile Al-Ababneh, Cutler, Gkikas, Karjaluoto ve Kumar takip etmektedir.

Söz konusu yazar dağılımı, literatürün belirli bir odak araştırmacı grubu tarafından domine edilmekten ziyade, geniş bir araştırmacı ağı tarafından ortaklaşa üretildiğini göstermektedir. Yayın sayıları arasındaki küçük farklar, araştırmacıların bu disipline olan adanmışlıklarının ve süreklilik gösteren akademik çıktılarının bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, bu tablo, alandaki bilimsel üretkenliğin merkezinde yer alan isimlerin, konuyla ilgili akademik tartışmaları şekillendiren ve literatüre yön veren kilit aktörler olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 5. En Çok Atıf Alan Yazarlar

Yazarlar	Toplam Atıf
KARJALUOTO, HEIKKI	1739
SAURA, JOSE RAMON	247
GKIKAS, DIMITRIS C.	115
SAURA, JOSE RAMON	94
CUTLER, KELLY	24
NAIM, ARSHI	19
AL-ABABNEH, HASSAN ALI	8
PIRES, PAULO BOTELHO	8
SANTOS, JOSÉ DUARTE	8
KUMAR, VIKAS	6

Tablo 5’de sunulan veriler incelendiğinde, dijital pazarlama ve yapay zeka literatüründeki entelektüel etkiyi ve akademik otoriteyi gözler önüne sermektedir. Tabloda 1739 toplam atıf sayısı ile Heikki Karjaluoto'nun açık ara farkla en etkili araştırmacı olarak konumlandığı görülmektedir. Karjaluoto'yu, 247 ve 94 gibi farklı atıf değerleriyle Jose Ramon Saura ve 115 atıf ile Dimitris C. Gkikas takip etmektedir.

Bu veriler, literatürdeki "yayın sayısı" ile "atıf sayısı" arasındaki korelasyonun her zaman lineer olmadığını; az sayıda yayınlara dahi çok yüksek etki yaratılabileceğini göstermesi açısından kritiktir. Ayrıca, listenin üst sıralarında yer alan araştırmacıların, dijital pazarlama ve yapay zeka entegrasyonu üzerine yapılan tartışmalarda temel referans noktası teşkil ettiklerini ifade etmek mümkündür. Sonuç olarak bu tablo, alandaki bilimsel etkinin dağılımını belirleyen temel aktörleri tanımlamakta ve araştırmanın teorik çerçevesini oluşturan çalışmalarını destekleyen en etkili isimleri doğrulamaktadır.

Tablo 6. Alanda En Çok Yayın Yapan Üniversiteler

Kurum	Makale Sayısı
REY JUAN CARLOS UNIVERSITY	7
IRBID NATIONAL UNIVERSITY	6
BINA NUSANTARA UNIVERSITY	5
BANGLADESH ARMY INTERNATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	4
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ	4
UNIVERSITY OF PATRAS	4
AL AIN UNIVERSITY	3
APPLIED SCIENCE PRIVATE UNIVERSITY	3
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA	3
NORTHWESTERN UNIVERSITY	3

Alanda en çok yayın yapan üniversiteleri gösteren tablo Tablo 6, dijital pazarlama ve yapay zeka alanındaki akademik üretimin coğrafi ve kurumsal açıdan geniş bir yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Listenin başında yedi makale ile Rey Juan Carlos University yer alırken, onu altı yayınlı Irbid National University ve beş yayınlı Bina Nusantara University takip etmektedir.

Bu dağılım, söz konusu disiplinin belirli merkezlere hapsolmadığını, aksine farklı kıtalardan ve farklı akademik ekollerden gelen üniversitelerin ortak bir araştırma ajandası etrafında buluştuğunu kanıtlamaktadır. Bangladesh Army International University of Science and Technology, University of Jyväskylä ve University of Patras gibi kurumların dörder yayınlı listeye dahil olması, teknik ve sosyal bilimler arasındaki bu etkileşimin küresel düzeyde kabul gördüğünü göstermektedir. Sonuç olarak, tablo, dijital pazarlama ve yapay zeka konularının sadece teorik bir ilgi alanı olmadığını, dünya genelindeki yükseköğretim kurumları nezdinde stratejik bir akademik üretim sahası haline geldiğini bilimsel bir temelde desteklemektedir.

Tablo 7. Alanda En Çok Yayın Yapan Ülkeler

Ülke	Sıklık
Hindistan	240
Amerika Birleşik Devletleri	75
Birleşik Krallık	60
Portekiz	58
Çin	48
Ukrayna	32
Türkiye	27
İspanya	26
Endonezya	24
Ürdün	24

Tablo 7'deki veriler, Hindistan'ın 240 yayımla literatür üretimi konusunda açık ara lider konumda olduğunu göstermektedir. Bu liderliği, Amerika Birleşik Devletleri (75), Birleşik Krallık (60) ve Portekiz (58) gibi ülkeler izleyerek dijital pazarlama ve yapay zeka alanındaki kuramsal ve uygulamalı tartışmalara önemli katkılar sunmaktadır. Listenin devamında yer alan Çin, Ukrayna, Türkiye, İspanya, Endonezya ve Ürdün gibi ülkelerin yayın sayıları, araştırmanın konusunun sadece gelişmiş ekonomilerde değil, aynı zamanda gelişmekte olan pazarlarda da yoğun bir ilgiyle karşılandığını ve akademik üretimin küresel bir ağa yayıldığını kanıtlamaktadır. Özellikle Türkiye'nin 27 yayımla bu listede yer alması, yerel literatürün küresel trendlerle entegre bir şekilde ilerlediğine dair güçlü bir göstergedir. Sonuç olarak bu tablo, dijital pazarlama ve yapay zeka konusunun sadece bölgesel bir odak değil, dünya çapında akademik bir rekabet ve iş birliği alanı olduğunu metodolojik olarak desteklemektedir.

Tablo 8. En Fazla Atıf Verilen Makaleler

Makale	DOI	Toplam Atıf
Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions	10.1016/j.ijinfomgt.2020.102168	1739
Machine learning and AI in marketing–Connecting computing power to human insights	10.1016/j.ijresmar.2020.04.005	487
Artificial intelligence in marketing: A systematic literature review	10.1177/14707853211018428	373
Setting B2B digital marketing in artificial intelligence-based CRMs: A review and directions for future research	10.1016/j.indmarman.2021.08.006	247
How may I help you? Driving brand engagement through the warmth of an initial chatbot message	10.1016/j.jbusres.2021.03.005	213
<u>Artificial intelligence (AI): revolutionizing digital marketing</u>	10.1177/18393349211037684	178
Hello marketing, what can artificial intelligence help you with?	10.1177/1470785318776841	174
Humanized Robots": A Proposition of Categories to Understand Virtual Influencers	10.3127/ajis.v25i0.3223	166
Intelligent influencer marketing: how AI-powered virtual influencers outperform human influencers	10.1016/j.techfore.2023.123113	153
Customer relationship management: concepts and technologies	10.4324/9781351016551	143

"Tablo 8, dijital pazarlama ve yapay zeka disiplinde literatürün temelini oluşturan, en yüksek etki gücüne sahip akademik çalışmaları yansıtmaktadır.

Bu çalışmaların atıf sayılarına bakıldığında; "Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions" başlıklı makalenin 1739 atıf ile literatürde dominant bir etkiye sahip olduğu ve alanın yönünü tayin eden bir referans noktası konumunda bulunduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla "Machine learning and AI in marketing–Connecting computing power to human insights" (487 atıf) ve "Artificial intelligence in marketing: A systematic literature review" (373 atıf) adlı çalışmalar takip etmektedir. Listede yer alan diğer çalışmalar; B2B pazarlamada yapay zeka tabanlı CRM sistemleri, chatbot mesajlaşmalarında marka etkileşimi ve yapay zekanın dijital pazarlamadaki devrimci rolü gibi kritik konuları ele alarak literatürün kapsamlı bir çerçevesini çizmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, bu makalelerin dijital pazarlama ve yapay zeka entegrasyonu üzerine çalışan araştırmacılar için "temel külliyat" niteliği taşıdığı ve bu alanda gerçekleştirilecek yeni çalışmaların metodolojik altyapısını destekleyen birincil kaynaklar olduğu söylenebilir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Dijital pazarlama ve yapay zeka entegrasyonu üzerine gerçekleştirdiğimiz bu bibliyometrik analiz, alanın akademik literatürdeki evrimini ve mevcut konumunu ortaya koyan çarpıcı bulgular sunmaktadır. 2011-2026 dönemini kapsayan veriler, pazarlama disiplininin sadece dijitalleşmekle kalmadığını, aynı zamanda yapay zeka ve otomasyon teknolojileriyle yeniden tanımlanan yapısal bir dönüşüm sürecinden geçtiğini kanıtlamaktadır. Özellikle 2023 yılı sonrasında gözlemlenen ani yayın sıçraması, konunun akademik dünyada "olgunluk" evresine girdiğini ve merkezileştiğini teyit etmektedir.

Analizimiz, Hindistan, ABD ve Avrupa merkezli üniversitelerin öncülük ettiği küresel bir bilgi üretimi ağına işaret etmektedir. Ulaşılan 28.730 toplam atıf hacmi, literatürün yüksek bir etki gücüne sahip olduğunu göstermekte; chatbotlar, yapay zeka destekli CRM sistemleri ve pazarlamanın geleceğine dair vizyoner çalışmalar bu etkiyi sürükleyen temel referans noktalarını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma; dijital pazarlama ve yapay zeka arasındaki sinerjinin artık marjinal bir araştırma alanı değil, pazarlama teorisinin ayrılmaz bir parçası olduğunu bilimsel verilerle ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz bibliyometrik haritalama, hem akademisyenler için literatürdeki boşlukları belirleme hem de uygulayıcılar için teknolojik dönüşümün stratejik yönünü anlama noktasında sağlam bir zemin sağlamaktadır. Gelecek çalışmalar için bu veriler, disiplinler arası iş birliklerinin artırılması ve yapay zekanın tüketici davranışları üzerindeki etik ve psikolojik etkilerinin daha derinlemesine incelenmesi gerekliliğine işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- Allal-Chérif, O., Puertas, R., & Carracedo, P. (2024). Intelligent influencer marketing: how AI-powered virtual influencers outperform human influencers. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123113.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing* (7th ed.). Pearson.
- Chintalapati, S., & Pandey, S. K. (2022). Artificial intelligence in marketing: A systematic literature review. *International Journal of Market Research*, 64(1), 38-68.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382–1402.
- da Silva Oliveira, A. B., & Chimenti, P. (2021). " Humanized Robots": A Proposition of Categories to Understand Virtual Influencers. *Australasian Journal of Information Systems*, 25.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., ... & Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994.
- Dwivedi, Y. K., Ismagilova, E., Hughes, D. L., Carlson, J., Filieri, R., Jacobson, J., ... & Wang, Y. (2021). Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions. *International journal of information management*, 59, 102168.
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2021). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 49(1), 30–50.
- Kull, A. J., Romero, M., & Monahan, L. (2021). How may I help you? Driving brand engagement through the warmth of an initial chatbot message. *Journal of business research*, 135, 840-850.
- Ma, L., & Sun, B. (2020). Machine learning and AI in marketing–Connecting computing power to human insights. *International journal of research in marketing*, 37(3), 481-504.
- Maklan, S. (2019). Customer relationship management: concepts and technologies.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Saura, J. R., Ribeiro-Soriano, D., & Palacios-Marqués, D. (2021). Setting B2B digital marketing in artificial intelligence-based CRMs: A review and directions for future research. *Industrial Marketing Management*, 98, 161-178.
- Van Esch, P., & Stewart Black, J. (2021). Artificial intelligence (AI): revolutionizing digital marketing. *Australasian Marketing Journal*, 29(3), 199-203.
- Wirth, N. (2018). Hello marketing, what can artificial intelligence help you with?. *International Journal of Market Research*, 60(5), 435-438.

1994–2026 YILLARI ARASINDAKİ SOSYAL PAZARLAMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE DAİR AKADEMİK YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK İNCELEMESİ

Arş. Gör. Abdulkadir KURTULAN 1

Arş. Gör. Mehmet Emin BOZKURT2

Arş. Gör. Nuriye KARAKAYA 3

1 Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü,
abdulkadirkurtulan@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0000-3210-2122

2 Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, eminbozkurt@karabuk.edu.tr, 0009-0008-
3063-9047

3 Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, nuriyekarakaya@karabuk.edu.tr, 0009-0008-
2148-8769

Özet

Bu çalışma, 1994–2026 yılları arasında sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanında gerçekleştirilen akademik yayınların bibliyometrik yöntemlerle haritalanmasını ve literatürün gelişim seyrinin ortaya konulmasını amaçlamaktadır. 104 farklı kaynaktan elde edilen 207 çalışmanın analizi sonucunda, literatürün yıllık %7,46 büyüme oranıyla geliştiği ve 11.455 toplam atıf ile güçlü bir akademik etki yarattığı saptanmıştır. Bulgular, akademik ilginin 2010 yılından itibaren ivme kazandığını, küresel iş birliğinin ve disiplinler arası araştırmaların merkezde yer aldığını göstermektedir. Ayrıca çalışma; en üretken yazarları, önde gelen akademik kurumları ve literatürün entelektüel temelini oluşturan başat referans kaynaklarını belirleyerek, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik eksenindeki teorik olgunlaşma sürecini kapsamlı bir perspektifle ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Pazarlama, Sürdürülebilirlik, Bibliyometrik Analiz

A BIBLIOMETRIC REVIEW OF ACADEMIC PUBLICATIONS ON SOCIAL MARKETING AND SUSTAINABILITY BETWEEN 1994 AND 2026

**Research Assistant Abdulkadir KURTULAN 1 / Research Assistant Mehmet Emin BOZKURT 2 /
Research Assistant Nuriye KARAKAYA 3**

1 Karabuk University, Faculty of Business Administration, Department of Public Relations and Advertising, abdulkadirkurtulan@karabuk.edu.tr, ORCID ID: 0009-0000-3210-2122

2 Karabuk University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, eminbozkurt@karabuk.edu.tr, 0009-0008-3063-9047

3 Karabuk University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, nuriyekarakaya@karabuk.edu.tr, 0009-0008-2148-8769

Abstract

This study aims to map academic publications in the field of social marketing and sustainability between 1994 and 2026 using bibliometric methods and to reveal the development trajectory of the literature. Analysis of 207 studies from 104 different sources revealed that the literature grew at an annual rate of 7.46% and generated a strong academic impact with a total of 11,455 citations. The findings indicate that academic interest gained momentum from 2010 onwards, with global collaboration and interdisciplinary research at the forefront. Furthermore, the study identifies the most prolific authors, leading academic institutions, and the dominant reference sources that form the intellectual foundation of the literature, providing a comprehensive perspective on the theoretical maturation process of social marketing within the context of sustainability.

Keyword: Social Marketing, Sustainability, Bibliometric Analysis

GİRİŞ

Sosyal pazarlama, bireysel ve toplumsal düzeyde davranış değişikliği yaratarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında kritik bir stratejik araç olarak kabul edilmektedir. Pazarlamanın çevresel imperatifleri yönetmek üzere yeniden tanımlanması ihtiyacı, işletmelerin ve politika yapıcılarının sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını destekleme konusunda yeni yaklaşımlar geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda sosyal pazarlama, tüketicilerin aşırı tüketim alışkanlıklarını azaltmaları veya daha sürdürülebilir alternatiflere yönelmeleri için etkili bir yol haritası sunan temel bir mekanizma olarak görülmektedir.

Sürdürülebilirlik araştırmaları, yalnızca yeşil bilgi teknolojileri veya sistem araştırmaları gibi teknik odaklı çalışmalarla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bütünlük sosyal pazarlama modelleri ve etkili davranış değişikliği araçlarının kullanımı ile de derinleşmektedir. Kotler ve Lee (2008), sosyal pazarlamanın toplumsal refahı artırmadaki rolünü vurgulayarak, bu yaklaşımın sürdürülebilirlik hedefleriyle olan ayrılmaz bağı literatürün merkezine taşımıştır. Andreasen (1994) ise sosyal pazarlamanın disiplinler arası bir çerçeve olarak evrimini savunarak, bu alanın yalnızca ticari pazarlamadan bir ödünç alma değil, kendine özgü bir davranışsal mühendislik olduğunu ortaya koymuştur.

Akademik literatür, sürdürülebilir pazarlama çerçevelerinin geliştirilmesi ve sosyal pazarlamanın bu süreçteki entegratif rolünün belirlenmesi üzerine yoğunlaşan çalışmalarla gün geçtikçe zenginleşmektedir. Özellikle son yirmi yılda, küresel sürdürülebilirlik gündeminin hız kazanmasıyla birlikte, bibliyometrik çalışmalar da alanın entelektüel haritasını çıkarmak adına ivme kazanmıştır. Dolayısıyla, 1994–2026 yılları arasını kapsayan bu bibliyometrik inceleme, bahsi geçen teorik ve uygulamalı gelişmeleri haritalandırarak, alanın entelektüel yapısını, en etkili araştırmacılarını ve bilimsel evrimini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, geçmişin birikimini bugünün verileriyle sentezleyerek, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik eksenindeki gelecekteki araştırma doğrultuları için akademik bir temel sunmaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Akademik literatür, sürdürülebilir pazarlama çerçevelerinin geliştirilmesi ve sosyal pazarlamanın bu süreçteki entegratif rolünün belirlenmesi üzerine yoğunlaşan çalışmalarla gün geçtikçe zenginleşmektedir. Özellikle son yirmi yılda, küresel sürdürülebilirlik gündeminin hız kazanmasıyla birlikte, bibliyometrik çalışmalar da alanın entelektüel haritasını çıkarmak adına ivme kazanmıştır. Dolayısıyla, 1994–2026 yılları arasını kapsayan bu bibliyometrik inceleme, bahsi geçen teorik ve uygulamalı gelişmeleri haritalandırarak, alanın entelektüel yapısını, en etkili araştırmacılarını ve bilimsel evrimini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, geçmişin birikimini bugünün verileriyle sentezleyerek, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik eksenindeki gelecekteki araştırma doğrultuları için akademik bir temel sunmaktadır.

2. YÖNTEM

Bibliyometrik yaklaşımların disiplinler arası çalışmalarda kullanımı, geniş literatür yığınlarının sistematik olarak çözümlenmesine ve karmaşık araştırma sahalarının yapısal haritasının çıkarılmasına olanak tanıyarak bilimsel süreçte giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Bilim haritalama çalışmaları, doğası gereği yüksek teknik gereksinimlere sahip, çok katmanlı ve özel yazılım desteği gerektiren süreçleri kapsamaktadır. Bu noktada, akademik literatürde sıkça tercih edilen "bibliometrix" R paketi, bibliyometrik analizlerin iş akışını standart bir yapıya oturtarak araştırmacılara entegre ve dinamik bir çözüm çerçevesi sağlamaktadır (Aria ve Cuccurullo 2017). Bilim haritalama, temelde belirli bir disiplinin entelektüel, kavramsal ve sosyal ağlarını görselleştiren tekniklerle analiz edilmesine odaklanmaktadır. Bibliyometrik analizler, bilimsel çıktının nicel olarak ölçülmesinde veri madenciliği, temizleme, analiz ve yorumlama gibi katı bir hiyerarşiyi takip etmektedir. Özellikle veri ön işleme aşaması, yazar isimlerindeki tutarsızlıkların, atıf kayıtlarındaki tekrarların ve yazım kusurlarının giderilmesi bakımından, ortaya çıkan sonuçların geçerliliği ve güvenilirliği için hayati bir önem

taşımaktadır (Cobo vd. , 2011). Bu çalışma kapsamında, belirlenen araştırma sahasına dair literatürün nicel boyutu bibliyometrik yöntemlerle incelenmiştir. Bu analizlerle, çalışma alanının kavramsal çerçevesi, entelektüel gelişim süreci ve yazar iş birliği ağları sistematik bir şekilde haritalandırılmıştır.

3. BULGULAR

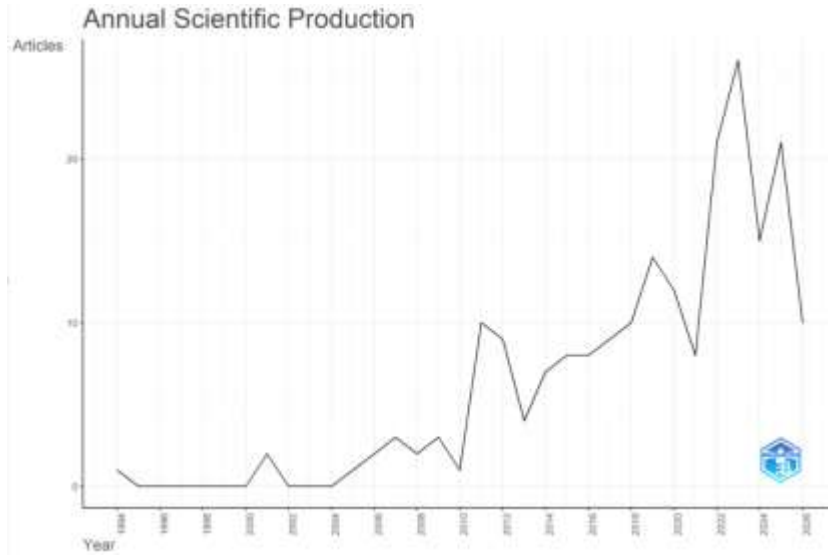
Tablo 1. Çalışmalar hakkında genel bilgiler

Açıklama	Sonuçlar
Veri Hakkındaki Temel Bilgiler	
Zaman Aralığı	1994:2026
Kaynaklar (Makale, Kitap vb.)	104
Toplam Çalışma	207
Yıllık Büyüme Oranı %	7,46
Makale Başı Ortalama Atıf	34,9
Toplam Atıf	11455
Belge İçerikleri	
Anahtar Kelime Plus (ID)	229
Yazarın Anahtar Kelimeleri (DE)	713
Yazarlar Hakkında	
Yazarlar	498
YAZAR İŞ BİRLİĞİ	
Tek Yazarlı Makale	43
Makale Başına Yazar Sayısı	2,77
Uluslararası Ortak Yazarlık Oranı %	26,57
Çalışma Türleri	
Makale	138
Kitap	11
Kitap Bölümü	38
Konferans bildirisi	6
Derleme	14

1994–2026 yılları arasında sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanında üretilmiş akademik çalışmaları kapsayan bibliyometrik analiz sonuçları yukarıda sunulan Tablo 1 çerçevesinde değerlendirildiğinde, alandaki bilimsel üretimin niteliksel ve niceliksel boyutlarına dair önemli veriler elde edilmiştir. Söz konusu dönemde 104 farklı kaynaktan toplam 207 çalışmaya ulaşıldığı görülmekte olup, yıllık %7,46'lık bir büyüme oranı ile alanın gelişimini sürdürdüğü anlaşılmaktadır; bu çalışmaların toplamda 11.455 atıf alması ve makale başına düşen ortalama atıf sayısının 34,9 gibi oldukça yüksek bir seviyede gerçekleşmesi, literatürün akademik etkisinin güçlü olduğuna işaret etmektedir. Yazar iş birlikleri açısından incelendiğinde, 498 araştırmacının katkı sağladığı ve makale başına düşen ortalama yazar sayısının 2,77 olduğu tespit edilmiştir; bu durum, disiplinler arası bir yaklaşımın benimsendiğini ve %26,57'lik uluslararası ortak yazarlık oranıyla da küresel düzeyde iş birliği temelli bir akademik yapının kurulduğunu göstermektedir. Ayrıca, belge içerikleri açısından 713 yazar anahtar kelimesinin ve 229 anahtar kelime "plus" (ID) değerinin belirlenmesi, konu kapsamının oldukça zengin bir kavramsal çeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koyarken; 138 makale, 38 kitap bölümü ve 11 kitap gibi farklı yayın

türlerinin dağılımı, alandaki bilginin çeşitli akademik formatlarda üretilerek yaygınlaştırıldığını kanıtlar niteliktedir.

Tablo 2. Yayınların yıllara göre dağılımı



Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanındaki akademik ilginin zamansal değişimini gösteren grafik incelendiğinde, literatürün 1994 yılından günümüze uzanan evrimi üç temel dönemle karakterize edilmektedir. Çalışmaların oldukça düşük bir yoğunlukla başladığı 1994-2010 yılları arası "kuluçka dönemi" olarak nitelendirilebilir; bu dönemde yayın sayısı oldukça kısıtlı kalmış ve zaman zaman kesintili bir seyir izlemiştir. 2010 yılından itibaren, özellikle sürdürülebilirlik kavramının küresel bir gündem haline gelmesine paralel olarak, akademik üretimde belirgin ve istikrarlı bir yükseliş trendi başlamıştır. En dikkat çekici ivmelenme ise 2020 sonrası süreçte gözlemlenmiş, 2023 yılında zirve noktasına ulaşan yayın hacmi ile alanın akademik popülaritesinin tarihsel olarak en üst düzeye çıktığı görülmüştür. 2024 ve 2025 yıllarındaki dalgalanmalar literatürdeki değişkenliği yansıtsa da, toplam üretim hacmi, konu başlığının günümüzde sosyal pazarlama araştırmaları içerisinde oldukça merkezde ve dinamik bir konuma yerleştiğinin güçlü bir kanıtı olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 3. En çok çalışma yapılan dergiler

Kaynak	Çalışma Sayısı
SOCIAL MARKETING QUARTERLY	32
JOURNAL OF SOCIAL MARKETING	23
JOURNAL OF SUSTAINABLE TOURISM	7
DEVELOPMENTS IN MARKETING SCIENCE: PROCEEDINGS OF THE ACADEMY OF MARKETING SCIENCE	5
INTERNATIONAL REVIEW ON PUBLIC AND NONPROFIT MARKETING	5
CSR, SUSTAINABILITY, ETHICS AND GOVERNANCE	4
JOURNAL OF MACROMARKETING	4
SPRINGER PROCEEDINGS IN BUSINESS AND ECONOMICS	4
AUSTRALASIAN MARKETING JOURNAL	3
EMERALD EMERGING MARKETS CASE STUDIES	3

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik ekseninde yürütülen akademik araştırmaların yayınlandığı mecraları odağına alan Tablo 3 incelendiğinde, alanın entelektüel ağırlık merkezini oluşturan dergilerin dağılımı dikkat çekici bir tablo ortaya koymaktadır. Söz konusu literatürün domine edildiği "Social Marketing Quarterly" (32 çalışma) ve "Journal of Social Marketing" (23 çalışma) gibi spesifik dergilerin sayısal üstünlüğü, alandaki kavramsal çerçevenin büyük oranda sosyal pazarlama disiplinine özgü yayınlar aracılığıyla inşa edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, "Journal of Sustainable Tourism" (7 çalışma) gibi sürdürülebilirlik odaklı dergilerin veya "Journal of Macromarketing" (4 çalışma) gibi makro düzeyde pazarlama analizi sunan mecraların listeye dahil olması, konunun sadece sosyal pazarlamanın teknik sınırlarıyla sınırlı kalmayıp, turizm ve makro pazarlama gibi farklı disiplinlerle bütünleştiğini kanıtlamaktadır.

Tablo 4. En çok yayın yapan yazarlar

Yazarlar	Makale Sayısı
RUNDLE-THIELE, SHARYN	6
BOGUEVA, DIANA	5
GALIANO-CORONIL, ARACELI	5
MARINOVA, DORA	5
BRENNAN, LINDA	4
CARRIGAN, MARYLYN	4
HALL, C. MICHAEL	4
RAPHAELY, TALIA	4
BHATTACHARYYA, JISHNU	3
GORDON, ROSS	3

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanında en yüksek akademik üretim hacmine sahip araştırmacıların listelendiği Tablo 4, literatürdeki temel uzmanlık odaklarını ve üretken yazarları ortaya koymaktadır. Söz konusu tabloya göre, 6 çalışma ile Sharyn Rundle-Thiele listenin başında yer alırken; onu 5'er yayın ile Diana Bogueva, Araceli Galiano-Coronil ve Dora Marinova takip etmektedir. Linda Brennan, Marylyn Carrigan, C. Michael Hall

ve Talia Raphaely ise 4'er çalışma ile alanın kurumsallaşmasına ve bilgi birikimine önemli katkılarda bulunan diğer üretken yazarlar olarak öne çıkmaktadır. Bu tablo, alandaki bilimsel üretimin küçük bir yazar grubu tarafından domine edilmek yerine, belirli bir istikrar ve süreklilik gösteren bir araştırmacı topluluğu etrafında şekillendiğini ve bu isimlerin sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik boyutundaki teorik ve uygulamalı gelişmelere yön veren ana figürler olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. En çok atıf alan yazarlar

Yazarlar	Toplam Atıf
CARRIGAN, MARYLYN	363
GORDON, ROSS	255
HALL, C. MICHAEL	205
CARRIGAN, MARYLYN	167
RUNDLE-THIELE, SHARYN	156
BOGUEVA, DIANA	91
MARINOVA, DORA	91
RAPHAELY, TALIA	91
BRENNAN, LINDA	61
HALL, C. MICHAEL	46

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik literatüründe en çok atıf alan yazarların derlendiği Tablo 5, ilgili alanın entelektüel temelini oluşturan ve diğer araştırmacılar tarafından en sık başvuru alan akademik otoriteleri ortaya koymaktadır. Söz konusu veriler ışığında, Marylyn Carrigan 363 atıf ile literatür üzerindeki en baskın etkiye sahip isim olarak öne çıkarken; onu 255 atıf ile Ross Gordon ve 205 atıf ile C. Michael Hall takip etmektedir. Tabloda bazı yazarların farklı atıf değerleriyle birden fazla kez yer alması, araştırmacıların literatürdeki farklı çalışmalarının birbirinden bağımsız ancak güçlü birer atıf kaynağı oluşturduğuna işaret etmektedir; bu durum, ilgili akademisyenlerin tek bir popüler çalışma ile değil, birikimli bir araştırma süreciyle alana yön verdiklerini kanıtlar niteliktedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında, en çok yayın yapanlar ile en çok atıf alanlar arasında belirgin bir paralellik olduğu görülmekte, bu da üretkenliğin akademik görünürlük ve etki üzerinde doğrudan bir çarpan etkisi yarattığını gözler önüne sermektedir.

Tablo 6. Alanda en çok yayın yapan üniversiteler

Kurum	Makale Sayısı
GRIFFITH UNIVERSITY	10
MONASH UNIVERSITY	7
UNIVERSITY OF CANTERBURY	5
UNIVERSITY OF WATERLOO	5
BINA NUSANTARA UNIVERSITY	3
UNIVERSITY OF BIRMINGHAM	3
UNIVERSITY OF CADIZ	3
UNIVERSITY OF EXETER	3
UNIVERSITY OF JOHANNESBURG	3
UNIVERSITY OF MINHO	3

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanında akademik bilginin üretildiği merkezleri ve kurumsal odak noktalarını yansıtan Tablo 6, literatürün coğrafi ve kurumsal dağılımına dair belirgin eğilimleri ortaya koymaktadır. Söz konusu tablo incelendiğinde, Griffith University 10 yayın ile alandaki akademik üretimin merkezinde yer alırken, onu 7 yayın ile Monash University'nin takip ettiği; bu iki kurumun sosyal pazarlama disiplininde küresel düzeyde yüksek bir uzmanlık kapasitesine sahip olduğu anlaşılmaktadır. University of Canterbury ve University of Waterloo'nun 5'er çalışma ile üçüncü sırada yer alması, sürdürülebilirlik odaklı sosyal pazarlama araştırmalarının belirli köklü üniversiteler tarafından sistematik bir biçimde desteklendiğini kanıtlar niteliktedir. Listenin devamında yer alan Birmingham, Cadiz, Exeter, Johannesburg ve Minho gibi farklı kıtalara yayılmış üniversitelerin 3'er yayınlık katkıları, alanın yerel bir ilgi alanından ziyade küresel ölçekte kabul gören ve disiplinler arası bir akademik ağ tarafından beslenen uluslararası bir çalışma alanı haline geldiğini göstermektedir.

Tablo 7. Alanda en çok yayın yapan ülkeler

Ülke	Sıklık
Amerika Birleşik Devletleri	92
Birleşik Krallık	66
Avustralya	62
Hindistan	35
Kanada	19
İspanya	15
Almanya	12
Yeni Zelanda	12
Portekiz	12
Güney Afrika	12

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanındaki küresel akademik üretimin ülkelere göre dağılımını ortaya koyan Tablo 7, literatürün hangi coğrafyalarda yoğunlaştığını ve bilgi üretiminin merkezlerini göstermesi açısından kritik veriler sunmaktadır. Söz konusu veriler incelendiğinde, Amerika Birleşik Devletleri 92 yayın ile alandaki liderliğini sürdürürken, onu 66 yayın ile Birleşik Krallık ve 62 yayın ile Avustralya'nın takip ettiği görülmekte; bu durum, İngilizce konuşulan gelişmiş ülkelerin sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik paradigmasının şekillendirilmesinde entelektüel öncülük ettiğine işaret etmektedir. Hindistan'ın 35 yayın ile bu ülkelerin hemen ardından gelmesi ve Kanada'nın 19 çalışma ile listenin üst sıralarında yer alması, araştırmanın gelişmekte olan ve gelişmiş ekonomiler nezdinde geniş bir ilgi alanına sahip olduğunu kanıtlar niteliktedir. Listenin devamındaki İspanya, Almanya, Yeni Zelanda, Portekiz ve Güney Afrika gibi ülkelerin eşit düzeydeki yayın sayıları, alandaki bilimsel üretimin çok merkezli bir yapıya büründüğünü ve sosyal pazarlama stratejilerinin sürdürülebilirlik hedefleriyle entegrasyonunun, uluslararası düzeyde akademik bir konsensüs ile ele alındığını göstermektedir.

Tablo 8. En fazla atıf verilen makaleler

Makale	DOI	Toplam Atıf
Reinventing marketing to manage the environmental imperative	10.1509/jmkg.75.4.132	690
<u>Social marketing: a pathway to consumption reduction?</u>	10.1016/j.jbusres.2008.01.033	524
An agenda for 'Green'information technology and systems research	10.1016/j.infoandorg.2010.09.003	402
A framework for sustainable marketing	10.1177/1470593111403218	255
An integrative model for social marketing	10.1108/20426761111104437	209
Choosing effective behavior change tools	10.1177/1524500413519257	209
Framing behavioural approaches to understanding and governing sustainable tourism consumption: Beyond neoliberalism,“nudging” and “green growth”?	10.1080/09669582.2013.815764	205
The squander sequence: Understanding food waste at each stage of the consumer decision-making process	10.1509/jppm.15.132	204
The coherence of inconsistencies: Attitude–behaviour gaps and new consumption communities	10.1080/0267257X.2011.615482	167
Helping people make better choices': exploring the behaviour change agenda for environmental sustainability	10.1016/j.apgeog.2010.12.003	166

Sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik literatürüne en yüksek düzeyde atıf alan çalışmaların yer aldığı Tablo 8, alanın kavramsal çerçevesini belirleyen ve temel dayanak noktası kabul edilen öncü makaleleri ortaya koymaktadır. Söz konusu tablo incelendiğinde, 690 atıf sayısı ile Reinventing marketing to manage the environmental imperative isimli makalenin literatür üzerinde en baskın etkiye sahip olduğu görülmektedir; bunu 524 atıf ile Social marketing: a pathway to consumption reduction? ve 402 atıf ile An agenda for 'Green' information technology and systems research başlıklı çalışmalar takip etmektedir. Ayrıca, A framework for sustainable marketing (255 atıf), An integrative model for social marketing (209 atıf) ve Choosing effective behavior change tools (209 atıf) gibi çalışmaların da yüksek atıf sayılarına ulaşması, araştırmacıların pazarlamanın çevresel imperatifleri, sürdürülebilirlik çerçeveleri, bütünleşik modeller ve davranış değişikliği araçları gibi kritik temalara odaklanan çalışmalara yoğun bir ilgi gösterdiğini kanıtlar niteliktedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında, bu makalelerin atıf hacimleri, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik eksenindeki teorik olgunlaşma sürecinde temel referans kaynakları olarak kabul edildiklerini ve alandaki bilimsel tartışmaların yönünü belirlediklerini göstermektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

1994–2026 yılları arasında sosyal pazarlama ve sürdürülebilirlik alanında gerçekleştirilen akademik çalışmaların bibliyometrik analizi, literatürün entelektüel gelişimine, kavramsal yapısına ve bilimsel iş birliği ağlarına dair kapsamlı bulgular ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik hedeflerine

ulaşılmasında sadece teorik bir çerçeve değil, aynı zamanda uygulamalı bir davranış değişikliği aracı olarak disiplinler arası bir düzlemde evrildiğini kanıtlamaktadır. Andreassen (1994) tarafından da vurgulandığı üzere, sosyal pazarlamanın disiplinler arası bir çerçeve olarak evrimi, bu alanın kendine özgü bir davranışsal mühendislik disiplini olarak rüştünü ispatladığını göstermektedir.

Akademik üretimin 2010 yılından itibaren istikrarlı bir ivme kazandığı, 2023 yılında zirve noktasına ulaşarak literatürdeki merkezî konumunu pekiştirdiği görülmektedir. Literatürdeki yıllık büyüme oranının %7,46 düzeyinde seyretmesi ve toplam atıf sayısının 11.455 gibi yüksek bir seviyeye ulaşması, bu konu başlığının akademik çevrelerde yoğun bir ilgi ve etkileşim gördüğünün somut göstergesidir. Uluslararası ortak yazarlık oranının %26,57 seviyesinde gerçekleşmesi, sürdürülebilir sosyal pazarlama konusunun küresel düzeyde iş birliği temelli bir akademik ağ tarafından desteklendiğini doğrulamaktadır. Griffith University gibi kurumların ve Marylyn Carrigan gibi araştırmacıların alandaki akademik liderliği, bilginin belirli uzmanlık odakları etrafında yoğunlaştığına ve köklü kurumlar tarafından sahiplenildiğine işaret etmektedir. Kotler ve Lee (2008) tarafından belirtildiği üzere, sosyal pazarlamanın toplumsal refahı artırmadaki rolü, bu alanın sürdürülebilirlik hedefleriyle olan ayrılmaz bağına güçlendirmektedir.

Sonuç olarak bu bibliyometrik inceleme, sosyal pazarlamanın sürdürülebilirlik imperatifleriyle olan bütünleşik yapısını haritalandırarak, hem literatürün geçmişten bugüne gelen birikimini özetlemekte hem de gelecekteki araştırmalar için kavramsal bir temel sunmaktadır. Bu çalışma ile ortaya konulan haritalama, pazarlama disiplini içerisinde sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını destekleme amacı taşıyan tüm araştırmacılar ve politika yapıcılar için stratejik bir rehber niteliğindedir. Elde edilen bulgular, disiplinin gelecekte daha fazla bütünleşik sosyal pazarlama modellerine ve teknoloji odaklı sürdürülebilirlik çözümlerine evrileceğine dair güçlü emareler taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Andreasen, A. R. (1994). Social Marketing: Its Definition and Domain. *Journal of Public Policy & Marketing*, 13(1), 108–114.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Barr, S., Gilg, A., & Shaw, G. (2011). ‘Helping people make better choices’: Exploring the behaviour change agenda for environmental sustainability. *Applied Geography*, 31(2), 712–720.
- Block, L. G., Keller, P. A., Vallen, B., Williamson, S., Birau, M. M., Grinstein, A., ... & Tangari, A. H. (2016). The squander sequence: Understanding food waste at each stage of the consumer decision-making process. *Journal of Public Policy & Marketing*, 35(2), 292–304.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382–1402.
- Gordon, R., Carrigan, M., & Hastings, G. (2011). A framework for sustainable marketing. *Marketing Theory*, 11(2), 143–163.
- Hall, C. M. (2013). Framing behavioural approaches to understanding and governing sustainable tourism consumption: Beyond neoliberalism, “nudging” and “green growth”?. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(7), 1091–1109.
- Jenkin, T. A., Webster, J., & McShane, L. (2011). An agenda for ‘Green’ information technology and systems research. *Information and Organization*, 21(1), 17–40.
- Kotler, P. (2011). Reinventing marketing to manage the environmental imperative. *Journal of Marketing*, 75(4), 132–135.
- Kotler, P., & Lee, N. (2008). *Social Marketing: Influencing Behaviors for Good*. SAGE Publications.
- Lefebvre, R. C. (2011). An integrative model for social marketing. *Journal of Social Marketing*, 1(1), 54–72.
- McKenzie-Mohr, D., & Schultz, P. W. (2014). Choosing effective behavior change tools. *Social Marketing Quarterly*, 20(1), 35–46.
- Moraes, C., Carrigan, M., & Szmigin, I. (2012). The coherence of inconsistencies: Attitude–behaviour gaps and new consumption communities. *Journal of Marketing Management*, 28(1-2), 103–128.
- Peattie, K., & Peattie, S. (2009). Social marketing: A pathway to consumption reduction?. *Journal of Business Research*, 62(2), 260–268.

EŞYA HUKUKUNDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLKESİ: MÜLKİYET HAKKININ ÇEVRESEL SINIRLARI

Araştırma Görevlisi, Ertuğrul Doğan ERZENGİN

Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi, Medeni Hukuk, ertugrul.erzengin@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6184-6056

Özet

Mülkiyet hakkı, eşya hukukunun temelini oluşturan ve kişiye eşya üzerinde kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkileri tanıyan en kapsamlı ayni haktır. Bununla birlikte günümüzde mülkiyet hakkının mutlak bir hak olmadığı, toplumsal ihtiyaçlar ve üstün kamusal menfaatler doğrultusunda çeşitli sınırlamalara tabi tutulabileceği kabul edilmektedir. Özellikle iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi ve çevresel bozulma gibi küresel sorunlar, mülkiyet hakkının çevresel boyutunun yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu gelişmeler, özel hukukta geleneksel olarak bireysel menfaatlerin korunmasına odaklanan eşya hukukunun da sürdürülebilirlik düşüncesi ışığında yeniden yorumlanmasını gündeme getirmektedir.

Sürdürülebilirlik ilkesi günümüzde yalnızca çevre hukukuna özgü bir kavram olmaktan çıkmış; anayasa hukuku, idare hukuku ve özel hukuk alanlarında da etkisini göstermeye başlamıştır. Buna rağmen Türk eşya hukukunda sürdürülebilirlik ilkesinin mülkiyet hakkına etkileri ve mülkiyet hakkının çevresel sınırlarının teorik temelleri yeterince incelenmiş değildir. Oysa çevrenin korunması, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve gelecek kuşakların menfaatlerinin gözetilmesi, mülkiyet hakkının kapsamının yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu çalışma, sürdürülebilirlik ilkesinin eşya hukuku üzerindeki etkilerini ve özellikle mülkiyet hakkının çevresel sınırlarını incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda öncelikle mülkiyet hakkının klasik bireyci anlayıştan sosyal işlev teorisine uzanan gelişimi ele alınacaktır. Ardından sürdürülebilirlik ilkesinin özel hukuk bakımından taşıdığı anlam değerlendirilecek; Türk Medeni Kanunu'nun komşuluk hukukuna ilişkin hükümleri, taşınmaz malikinin sorumluluğu, çevreyi korumaya yönelik kamusal sınırlamalar ve dürüstlük kuralının mülkiyet hakkının kullanımına etkileri incelenecektir. Ayrıca Alman ve İsviçre hukukundaki yaklaşımlar ile Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi içtihadı karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

Çalışmanın temel iddiası, sürdürülebilirlik ilkesinin günümüzde mülkiyet hakkına dışarıdan getirilen bir sınırlama olmanın ötesine geçtiği ve mülkiyet hakkının içeriğini şekillendiren temel ilkelerden biri hâline geldiğidir. Bu doğrultuda mülkiyet hakkı, yalnızca malik menfaatlerini koruyan bireysel bir hak olarak değil, çevresel değerlerin korunmasını ve gelecek kuşakların menfaatlerinin gözetilmesini de içeren sosyal sorumluluk boyutuna sahip bir kurum olarak değerlendirilmelidir. Böylece çalışma, sürdürülebilirlik düşüncesinin eşya hukukuna etkilerini ortaya koyarak konuya ilişkin teorik tartışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mülkiyet Hakkı, Sürdürülebilirlik İlkesi, Eşya Hukuku, Çevrenin Korunması, Sosyal İşlev Teorisi

THE PRINCIPLE OF SUSTAINABILITY IN PROPERTY LAW: ENVIRONMENTAL LIMITS OF THE RIGHT OF OWNERSHIP

Research Assistant, Ertuğrul Doğan ERZENGIN

Marmara University Faculty of Law, Civil Law Department, ertugrul.erzengin@marmara.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-6184-6056

Abstract

The right of ownership is the most comprehensive real right, forming the foundation of property law and granting a person the powers of use, enjoyment, and disposition over a thing. Nevertheless, it is now accepted that the right of ownership is not an absolute right and may be subject to various limitations in line with social needs and overriding public interests. In particular, global problems such as climate change, the depletion of natural resources, and environmental degradation necessitate a reconsideration of the environmental dimension of the right of ownership. These developments have brought to the forefront the reinterpretation of property law, which has traditionally focused on the protection of individual interests in private law, in light of the idea of sustainability.

Today, the principle of sustainability has ceased to be a concept exclusive to environmental law; it has also begun to exert influence in constitutional law, administrative law, and private law. Despite this, the effects of the principle of sustainability on the right of ownership and the theoretical foundations of the environmental limits of the right of ownership have not been sufficiently examined in Turkish property law. Yet, the protection of the environment, the sustainable use of natural resources, and the consideration of the interests of future generations necessitate a reassessment of the scope of the right of ownership.

This study aims to examine the effects of the principle of sustainability on property law and, in particular, the environmental limits of the right of ownership. In this context, the development of the right of ownership from the classical individualistic understanding to the social function theory will first be addressed. Subsequently, the meaning of the principle of sustainability in terms of private law will be evaluated; the provisions of the Turkish Civil Code concerning neighborhood law, the liability of the landowner, public restrictions aimed at environmental protection, and the effects of the principle of good faith on the exercise of the right of ownership will be examined. Furthermore, the approaches adopted in German and Swiss law, as well as the case law of the European Court of Human Rights, will be assessed comparatively.

The main argument of the study is that the principle of sustainability has gone beyond being merely an external limitation imposed on the right of ownership and has become one of the fundamental principles shaping its content. Accordingly, the right of ownership should be regarded not only as an individual right protecting the interests of the owner but also as an institution possessing a dimension of social responsibility that includes the protection of environmental values and the consideration of the interests of future generations. Thus, by revealing the effects of the idea of sustainability on property law, the study aims to contribute to the theoretical debates concerning this subject.

Keywords: Right of Ownership, Principle of Sustainability, Property Law, Environmental Protection, Social Function Theory

TÜKETİCİ SÖZLEŞMELERİNDE KİŞİSEL VERİLERİN KARŞI EDİM OLARAK KULLANILMASI

Araştırma Görevlisi, Ertuğrul Doğan ERZENGİN

Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi, Medeni Hukuk, ertugrul.erzengin@marmara.edu.tr, ORCID:
0000-0002-6184-6056

Özet

Dijital ekonominin gelişmesiyle birlikte tüketicilere sunulan birçok dijital hizmet ve içerik, görünüşte herhangi bir parasal ödeme talep edilmeksizin sağlanmaktadır. Sosyal medya platformları, arama motorları, çevrim içi depolama hizmetleri ve mobil uygulamalar bu hizmetlerin başlıca örneklerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu hizmetlerin gerçekte ücretsiz olup olmadığı tartışmalıdır. Zira tüketiciler çoğu zaman bu hizmetlerden yararlanabilmek için kişisel verilerini hizmet sağlayıcılara aktarmakta; bu veriler ekonomik değeri bulunan bir kaynak olarak işlenmekte ve ticari amaçlarla kullanılmaktadır. Bu durum, kişisel verilerin tüketici sözleşmelerinde bir karşı edim olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği sorusunu gündeme getirmektedir.

Klasik sözleşme hukuku anlayışında karşı edim genellikle para veya ekonomik değeri bulunan malvarlığı unsurlarıyla ilişkilendirilmektedir. Ancak dijital ekonomide kişisel verilerin ekonomik değer kazanması, sözleşme hukukunun temel kavramlarının yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle tüketicinin bir dijital hizmetten yararlanabilmek için kişisel verilerini paylaşmasının hukuki açıdan bir ödeme işlevi görüp görmediği ve bu ilişkinin tüketici hukuku bakımından nasıl nitelendirilmesi gerektiği tartışmalıdır.

Bu çalışma, tüketici sözleşmelerinde kişisel verilerin karşı edim olarak kullanılmasının hukuki sonuçlarını incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda öncelikle kişisel verilerin ekonomik değeri ve dijital piyasalardaki işlevi değerlendirilecektir. Ardından tüketici hukuku ile kişisel verilerin korunması hukukunun kesişim noktasında ortaya çıkan sorunlar ele alınacaktır. Özellikle tüketicinin sözleşmesel özgürlüğü, aydınlatılmış rıza, veri işleme şartları ve tüketicinin korunması bakımından ortaya çıkan meseleler incelenecektir. Ayrıca Avrupa Birliği'nin 2019/770 sayılı Dijital İçerik ve Dijital Hizmetler Direktifi ile GDPR hükümleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

Çalışmanın temel iddiası, dijital ekonomide kişisel verilerin ekonomik değere sahip bir unsur olarak işlev gördüğü, ancak bunun kişisel verilerin sıradan bir malvarlığı değeri olarak kabul edilmesini haklı kılmadığıdır. Bu nedenle tüketici hukuku ile kişisel verilerin korunmasına ilişkin düzenlemelerin birlikte yorumlanması ve tüketicinin ekonomik menfaatleri ile temel hakları arasında dengeli bir koruma sağlanması gerekmektedir. Bu yönüyle çalışma, dijital çağda tüketici sözleşmelerinin dönüşümüne ilişkin güncel tartışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tüketici Hukuku, Kişisel Veri, Karşı Edim, Dijital İçerik, Tüketicinin Korunması.

THE USE OF PERSONAL DATA AS COUNTER-PERFORMANCE IN CONSUMER CONTRACTS**Research Assistant, Ertuğrul Doğan ERZENGIN****Marmara University Faculty of Law, Civil Law Department, ertugrul.erzengin@marmara.edu.tr,****ORCID: 0000-0002-6184-6056****Abstract**

With the development of the digital economy, many digital services and digital content offered to consumers are provided seemingly without requiring any monetary payment. Social media platforms, search engines, online storage services, and mobile applications constitute the primary examples of such services. Nevertheless, whether these services are truly free remains controversial. Consumers often provide their personal data to service providers in order to benefit from these services; such data are processed as a resource with economic value and used for commercial purposes. This raises the question of whether personal data can be regarded as a form of counter-performance in consumer contracts.

Under the classical understanding of contract law, counter-performance is generally associated with money or assets possessing economic value. However, the fact that personal data have acquired economic value in the digital economy necessitates a reassessment of the fundamental concepts of contract law. In particular, it is debatable whether the sharing of personal data by consumers in order to benefit from a digital service performs the legal function of payment and how such a relationship should be characterized from the perspective of consumer law.

This study aims to examine the legal consequences of the use of personal data as counter-performance in consumer contracts. In this context, the economic value of personal data and their function within digital markets will first be evaluated. Subsequently, the issues arising at the intersection of consumer law and personal data protection law will be addressed. Particular attention will be paid to questions concerning the consumer's contractual freedom, informed consent, conditions for data processing, and consumer protection. Furthermore, the European Union's Digital Content and Digital Services Directive (EU) 2019/770 and the provisions of the General Data Protection Regulation (GDPR) will be examined from a comparative perspective.

The main argument of this study is that personal data function as an asset possessing economic value in the digital economy; however, this does not justify treating personal data as an ordinary proprietary asset. Therefore, the rules of consumer law and personal data protection law should be interpreted together in order to ensure a balanced protection of consumers' economic interests and fundamental rights. In this respect, the study seeks to contribute to the contemporary debates concerning the transformation of consumer contracts in the digital age.

Keywords: Consumer Law, Personal Data, Counter-Performance, Digital Content, Consumer Protection.

BIOPLASTIC PRODUCTION FROM FISHERY WASTE: CIRCULAR ECONOMY APPROACHES AND RECENT ADVANCES

Selahattin ERDOĞAN^{1*}, Syed Makhdoom HUSSAIN², Adan NAEEM², Eman NAEEM² and Ebru YILMAZ³

¹Sinop University, Sinop, Türkiye, serdogan@sinop.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3937-577X>

² Fish Nutrition Lab, Department of Zoology, Government College University Faisalabad, Punjab 38000, Pakistan, drmakhdoom90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5087-3887>

² Fish Nutrition Lab, Department of Zoology, Government College University Faisalabad, Punjab 38000, Pakistan, adannaeem.202100400@gcuf.edu.pk, <https://orcid.org/0000-0001-7334-7767>

² Fish Nutrition Lab, Department of Zoology, Government College University Faisalabad, Punjab 38000, Pakistan, emannaeem.202100399@gcuf.edu.pk, <https://orcid.org/0000-0002-4439-8730>

³Bozdoğan Vocational School, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye, ebruyilmaz@adu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1905-1265>

Abstract

Fish processing generates large volumes of by-products that are now being explored as renewable feedstocks for bioplastic synthesis, offering both economic value and environmental benefits. These materials show promise for applications in food packaging, biomedical fields, and other industries. This review addresses the challenges associated with fish waste disposal and highlights how circular economy strategies can convert these residues into value-added products. Recent developments in chemical and biological methods for transforming fish waste into biopolymers such as gelatin, chitin, and chitosan are summarized. The bioplastics sector supports sustainable alternatives that help reduce petroleum dependence, plastic pollution, and fossil fuel consumption. Rather than discarding fish residues into the environment, waste valorization enables the design of innovative, cost-effective, and eco-friendly materials. Overall, utilizing fish waste for bioplastic production presents a dual benefit: mitigating environmental impact while creating functional, biodegradable alternatives to conventional plastics.

Keywords: Biodegradable Bioplastics, Biomedical applications, Chitin, Chitosan, Circular economy, Fish waste, Gelatin, Sustainable packaging, Valorization

QUANTIFYING THE IMPACT OF DISASTER EVENTS ON OCCUPATIONAL ACCIDENT DATA: A CLUSTER ANALYSIS APPROACH

**Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK¹/ Yük. Müh., Ferhat TABAK²/ Dr. Öğr. Üyesi Deniz EFENDİOĞLU³/
Prof. Dr. Servet SOYGÜDER⁴/ Doç. Dr. İbrahim YILMAZ⁵**

¹Kırşehir Ahi Evran University, Department of Geology Engineering, 0000-0001-9675-5691

²Yıldırım Beyazıt University, Department of Occupational Health and Safety, 0009-0004-2812-2349

³Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-3710-9187

⁴Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-8191-6891

⁵Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5959-7353

Abstract

This study examines the impact of the February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquakes on occupational accident data across provinces in Türkiye, based on data from 2017 to 2024. Using cluster analysis, provinces were grouped according to the number of injured workers. The results reveal that the 11 provinces directly affected by the earthquake and the remaining 70 provinces are differentiated into three distinct clusters in terms of occupational accident intensity. The study utilizes an eight-year dataset published by the Social Security Institution (SGK) to analyze the reflections of natural disasters on work processes and accident statistics. By considering the implicit conceptual relationship between exposure and accident variables, this approach aims to identify priority regions for public policy interventions. The findings confirm that occupational accident statistics in the 11 earthquake-affected provinces (Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, Şanlıurfa) exhibited a significant and concentrated change during the earthquake period.

Keywords: Occupational accident, February 6 earthquake, Cluster Analysis, Occupational Health and Safety

İŞ KAZASI VERİLERİNE AFET OLAYLARININ ETKİ DÜZEYİNİN KÜMELEME ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK¹/ Yük. Müh., Ferhat TABAK²/ Dr. Öğr. Üyesi Deniz EFENDİOĞLU³/
Prof. Dr. Servet SOYGÜDER⁴/ Doç. Dr. İbrahim YILMAZ⁵

¹Kırşehir Ahi Evran University, Department of Geology Engineering, 0000-0001-9675-5691

²Yıldırım Beyazıt University, Department of Occupational Health and Safety, 0009-0004-2812-2349

³Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-3710-9187

⁴Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-8191-6891

⁵Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5959-7353

Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de 2017-2024 yılları arasında meydana gelen iş kazaları verileri üzerinden hareketle, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin iller bazındaki etkisi incelenmiştir. Araştırmada kümeleme analizi yöntemi kullanılarak, iller kazazede sayılarına göre gruplandırılmıştır. Analiz sonuçları; depremten doğrudan etkilenen 11 il ile geriye kalan 70 ilin, iş kazası yoğunluğu bakımından üç farklı kümede ayrıştığını ortaya koymuştur. Çalışmada, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından paylaşılan son sekiz yıllık veri seti kullanılarak, doğal afetlerin çalışma süreçleri ve kaza istatistikleri üzerindeki yansımaları analiz edilmiştir. Maruziyet ve kaza değişkenleri arasındaki örtük kavramsal ilişkiyi dikkate alan bu yaklaşım, kamu politikası müdahalelerinde, öncelikli bölgelerin belirlenmesini hedeflemektedir. Bulgular, depremten etkilenen 11 ilde (Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, Şanlıurfa) iş kazası istatistiklerinin deprem dönemiyle birlikte anlamlı ve yoğun bir değişim gösterdiğini doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: İş kazası, 6 Şubat depremi, Kümeleme Analizi, İş Sağlığı ve Güvenliği

1. INTRODUCTION

According to data from the International Labour Organization (ILO), approximately 7,500 workers worldwide lose their lives every day due to unsafe and unhealthy working conditions. This figure corresponds to approximately 5% to 7% of total global deaths (Ceylan, 2021). When the situation in Türkiye is examined, the picture appears to be quite critical. Between 2012 and 2020, the number of fatalities resulting from occupational accidents in Türkiye (11,954) accounted for approximately 39% of the total deaths recorded in the EU-27 countries. During this period, Türkiye surpassed countries such as France (5,452), Italy (4,941), Germany (4,050), and Spain (2,868) in terms of loss of life (Ceylan & Kaplan, 2024). Recent data indicate that, on average, around 1,500 workers lose their lives annually due to occupational accidents in Türkiye (Ceylan, 2021).

Fatalities and disabilities resulting from occupational accidents lead to multidimensional socio-economic consequences for both the state and society. Therefore, conducting in-depth investigations into the structure of occupational accidents and developing preventive strategies are of vital importance (Öztürk, 2022). However, one of the fundamental problems in the field of occupational health and safety (OHS) in Türkiye is that official statistics do not fully reflect the actual figures (Karadeniz, 2012). Informal employment, insufficient labor inspections, and the exclusion of certain sectors (e.g., domestic services) from legal coverage raise concerns about the reliability of official data (Altunkaynak, 2018; Karadeniz, 2012). Indeed, data from the Labour Health and Safety Assembly (İSİG Meclisi) suggest that at least 33% of fatal occupational accidents are not recorded in official statistics. Furthermore, some studies indicate that the number of fatal occupational accidents has increased following the implementation of OHS legislation (Ceylan & Kaplan, 2024).

In recent years, statistical analysis methods have been widely used in the literature to analyze the relationships between accident conditions and accident occurrence (Carrillo-Castrillo et al., 2016). Accident reports are analyzed both at the enterprise level and at the national level (Ceylan, 2021). Typically, accident conditions are structured as a sequence of events and then examined through cross-tabulation analyses. In addition, various exploratory techniques and clustering tools are employed to identify event sequences and their prevalence (Carrillo-Castrillo et al., 2016). Occupational accidents and occupational diseases are systematically recorded worldwide (Ceylan, 2021). In Türkiye, these data are collected through the Social Security Institution (SGK), while data for EU-27 countries are obtained from official statistics provided by Eurostat (Ceylan & Kaplan, 2024).

The analysis of accident reports is an important and widely used tool in occupational health and safety research. Within the framework of European Statistics on Accidents at Work (ESAW), key variables related to the fundamental conditions of accidents are systematically collected across Europe (Carrillo-Castrillo et al., 2016). In the case of Türkiye, it should be emphasized that the data used are based on SGK records. According to the Labour Health and Safety Assembly (HESA Labour Watch), at least 33% of fatal occupational accidents are not included in official records. Considering this situation, Türkiye's OHS performance regarding fatal occupational accidents becomes much more apparent (Ceylan & Kaplan, 2024).

In this context, studies in the literature cover a wide range of topics, from the classification of countries based on occupational accident fatality rates (Öztürk, 2022) to the prioritization of human factors in mining operations (Miao et al., 2023). Additionally, clustering firms based on their OHS management profiles (Jimenez-Delgado et al., 2019) and hybrid clustering approaches aimed at extracting patterns from high-dimensional accident data (Maheshwari et al., 2022) demonstrate the importance of data-driven OHS management.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Data Source, Compilation, and Normalization

In this study, occupational accident statistics across the 81 provinces of Türkiye were analyzed using cluster analysis. The main dataset consists of the number of occupational accidents experienced by employees insured

under Article 4-1/a of Law No. 5510 between 2017 and 2024. The data used in the analyses were compiled from the statistical yearbooks published by the Social Security Institution (SGK).

The clustering procedure was conducted by considering annual occupational accident data for the 11 provinces most affected by the February 6, 2023 earthquake (Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, and Şanlıurfa) and the remaining 70 provinces. Data analysis, visualization, and statistical computations were performed using IBM SPSS Statistics and Microsoft Excel.

In the analysis process, the average annual number of occupational accidents for the 2017–2024 period was first calculated. To ensure clarity and simplicity throughout the study, unless otherwise stated, the term “occupational accident” refers to the average values for the relevant years. The total number of occupational accidents by year for the 11 earthquake-affected provinces and the remaining 70 provinces is presented in Table 1.

Çalışmanıza ilişkin bulguları bu kısma yazınız. Eğer çalışmanızda tablo ve şekil kullanacaksanız aşağıda verilen örneklere göre düzenleyiniz.

Tablo 1. Occupational accident statistics by year for the 11 earthquake-affected provinces and the remaining 70 provinces

Year	11 Province	70 Province
2017	206	1398
2018	197	1344
2019	142	1005
2020	162	1069
2021	190	1192
2022	199	1318
2023	319	1647
2024	319	1578

The study population consists of employees insured under Article 4-1/a of Law No. 5510 who were employed across the 81 provinces of Türkiye during the years 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, and 2024. The data used in the study were obtained from the statistical yearbooks of the Social Security Institution (SGK).

To evaluate the impact of the February 6, 2023 earthquake, the average number of occupational accidents and their provincial distribution for the year 2023 were initially calculated. Subsequently, the distribution of occupational accidents across all years and provinces was examined. In this context, and to ensure clarity and consistency throughout the study, unless otherwise stated, the term “occupational accidents” refers to the average values calculated for the years 2017–2024.

2.2. Data Normalization

Variations in the scale and magnitude of variables in cluster analysis can directly affect distance calculations, potentially leading to distortions in the cluster structure. In this study, a standardization procedure was applied to ensure that the occupational accident data of the 11 provinces most affected by the earthquake and the remaining 70 provinces were comparable and suitable for analysis.

Accordingly, the data were normalized using the z-score transformation method. In the z-score standardization process, the arithmetic mean of each variable was subtracted from the corresponding observation value, and the resulting difference was divided by the standard deviation.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad [1]$$

As a result of this process, the normalized values obtained for the variables “11 Provinces” and “70 Provinces” for the period 2017–2024 are presented in Table 1. The normalized data enabled a more reliable identification of similarities and differences among provinces within the clustering analysis.

In this context, x represents the observed value, $\bar{x}$ denotes the mean of the variable, and s indicates the standard deviation (Table 2).

Table 2. Occupational Accident Values Standardized Using Z-Score for the Period 2017–2024

Year	Z_11 Province	Z_70 Province
2017	-0.172604484	0.373644506
2018	-0.317110563	0.118645412
2019	-1.200203271	-1.482182233
2020	-0.879078650	-1.179961085
2021	-0.429504181	-0.599129815
2022	-0.284998101	-0.004131930
2023	1.641749625	1.549473660
2024	1.641749625	1.223641485

The raw occupational accident data were normalized using z-score standardization to ensure that variables could be evaluated on a common scale in the clustering analysis. Positive values indicate observations above the mean, whereas negative values represent observations below the mean. This study is based on publicly available data and does not require ethics committee approval.

3. CLUSTER ANALYSIS

Cluster analysis refers to the process of grouping units by comparing them based on specific characteristics. The primary objective of this process is to achieve homogeneity within clusters and heterogeneity between clusters (Öztürk, 2022). The determination of the optimal number of clusters is generally based on previous studies in the literature or on dendrograms obtained from hierarchical clustering methods.

In this study, hierarchical clustering was initially applied, and an examination of the resulting dendrogram indicated that the provinces could be grouped into three main clusters. Subsequently, the k-means clustering method was employed. The optimal number of clusters was determined as $k=3$ based on the Elbow method, which minimizes the objective function derived from Euclidean distances in the feature space, as well as statistical significance tests. The results confirmed that the provinces were grouped into three statistically significant clusters at the $p<0.05$ level.

Through the normalization process, the data space was standardized, ensuring comparability across observations and improving the suitability of the dataset for analysis. In this study, different clustering approaches were applied to an occupational accident dataset covering an eight-year period, aiming to reveal the effects of specific working

conditions on accident patterns. Within the k-means clustering framework, the objective function based on Euclidean distance was minimized in the feature space, and the optimal cluster structure was confirmed as $k=3$ using the Elbow method.

$$M = \sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in C_j} \|x_i - z_j\| \quad [2]$$

For each cluster, sub-clusters were constructed around a defined kernel category using a chi-square distance threshold of $\chi^2=9.21$ (corresponding to a 99% confidence level), and statistically meaningful occupational safety rules were derived. From a mathematical perspective, these results demonstrate that OHS-related events do not occur randomly but rather form categorical clusters characterized by high similarity and proximity. Accordingly, the findings quantitatively suggest that risk control can be managed more effectively through a cluster-based approach (Miao et al., 2023).

Cluster analysis in this study was conducted based on the following research questions:

How many clusters? The number of clusters was determined using hierarchical clustering. Meaningful clusters were identified based on the breakpoints observed in the dendrogram, and the final cluster structure was defined according to the natural separation within the data.

What criteria were used for clustering? The clustering process was based on occupational accident severity (weight) ratios. Occupational groups with similar risk profiles were grouped into the same cluster according to similarity/distance measures.

Why was this method selected? Hierarchical clustering was preferred because it reveals the inherent structure of the data without requiring a predefined number of clusters and enables a relative comparison of OHS risks across groups.

For these reasons, fatal occupational accidents occurring in Türkiye between 2012 and 2022 were analyzed using data obtained from the Labour Health and Safety Assembly (İSİG Meclisi).

4. RESULTS

The construction sector is among the industries with the highest incidence of occupational accidents in Türkiye. Following the February 6 earthquake, the extensive destruction and the subsequent rapid reconstruction process have altered the risk dynamics within this sector. In this context, pre-earthquake, during-earthquake, and post-earthquake data for the 11 affected provinces were analyzed using cluster analysis.

4.1. Mathematical Results and Quantitative Findings

In this study, the parameters of the k-means clustering algorithm were tested to determine the optimal number of clusters for the dataset. Rather than selecting the number of clusters arbitrarily, the Within-Cluster Sum of Squares (WCSS) was calculated for different cluster sizes, and the Elbow method was applied. By examining the reduction in within-cluster variance as the number of clusters increased, a clear inflection point was identified after three clusters, indicating that the rate of variance reduction significantly decreased beyond this point.

Accordingly, a three-cluster solution ($k=3$) was selected as the optimal configuration, as it both adequately represents the data structure and provides interpretable results consistent with the literature. As a result, occupational safety-related events with similar characteristics were grouped into three distinct and homogeneous risk clusters.

Summary information regarding the processing status of the dataset used in the clustering analysis is presented in Table 3 under the Case Processing Summary section. All observations covering the eight-year period were valid, and no missing values were identified in the dataset. This confirms that the dataset has a complete and reliable structure for clustering analysis.

Table 3. Case Processing Summary

Cases	N	Percentage (%)
Valid	8	100.0
Missing	0	0.0
Total	8	100.0

Detailed information on the merging stages of the hierarchical clustering analysis is presented in Table 4, which provides the Agglomeration Schedule. This table illustrates the stages at which clusters are merged and how the similarity coefficients between clusters change throughout the process. In particular, the marked increase in coefficient values at the final stages indicates the formation of meaningful cluster structures within the dataset.

Table 4. Agglomeration Schedule

Stage	Cluster 1	Cluster 2	Coefficient	First Appears (C1)	First Appears (C2)	Next Stage
1	2	6	0.008	0	0	3
2	7	8	0.061	0	0	7
3	1	2	0.139	0	1	5
4	3	4	0.236	0	0	6
5	1	5	0.693	3	0	6
6	1	3	3.686	5	4	7
7	1	7	16.000	6	2	0

The graphical representation of the merging processes is presented in Figure 1. An examination of Figure 1 reveals that the observations in the dataset are concentrated around specific groups, with clear separations between clusters. These findings indicate that the dataset forms three primary cluster structures and that the selected number of clusters is statistically meaningful.

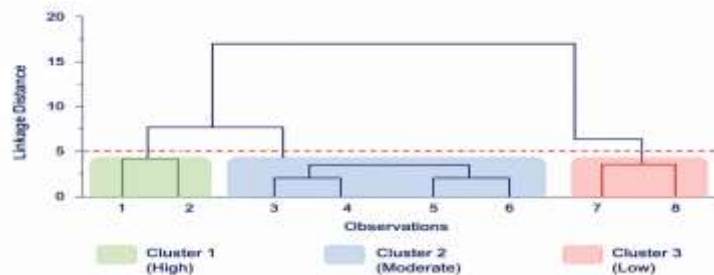


Figure 1. Distribution of Occupational Accident Counts by Clusters

In this study, cluster analysis was performed using the normalized Z-scores calculated for the 11 earthquake-affected provinces and the remaining 70 provinces. In this context, the initial cluster centers used at the beginning of the k-means algorithm are presented in Table 5 under the Initial Cluster Centers.

An examination of Table 5 indicates that the initial centers determined for the three clusters differ in terms of the variables Z_11 Provinces and Z_70 Provinces. These initial centers served as the basis for the iterative process of the algorithm, during which cluster memberships were continuously updated and refined.

Table 5. Initial Cluster Centers

Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Z_11 Location	1.6417	-0.4295	-1.2002
Z_70 Location	1.5495	-0.5991	-1.4822

The changes in cluster centers during the execution of the k-means algorithm are presented in Table 6, titled Iteration History. An examination of Table 6 indicates that while noticeable changes occurred in the cluster centers during the first iteration, the change values reached zero in the second iteration. This finding demonstrates that the algorithm achieved rapid convergence and that the dataset exhibits a stable cluster structure.

Table 6. Iteration History

Iteration	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
1	0.163	0.586	0.220
2	0.000	0.000	0.000

The graphical representation of the hierarchical clustering analysis is presented in the dendrogram shown in Figure 2. An examination of the dendrogram reveals that the observations in the dataset are grouped around three main clusters. This finding is consistent with the statistical evaluations used to determine the optimal number of clusters.

Following the completion of the k-means clustering analysis, the final cluster centers obtained are presented in Table 7 under the Final Cluster Centers. An examination of Table 7 indicates that the three clusters exhibit distinct mean values in terms of the variables Z_11 Provinces and Z_70 Provinces.

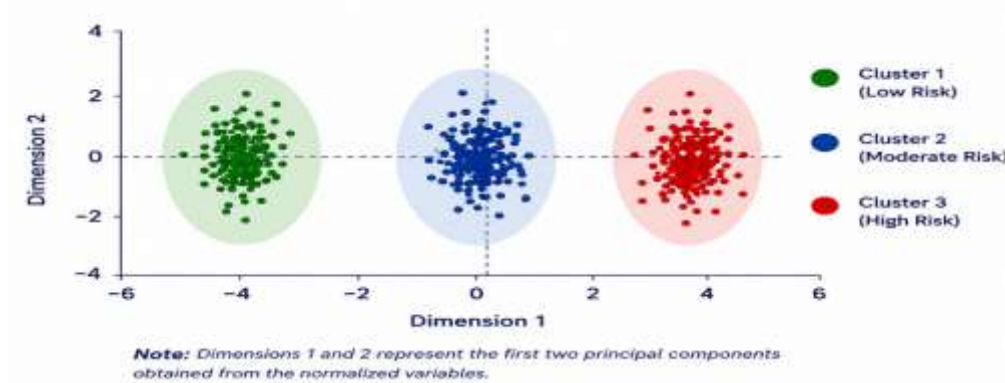


Figure 2. Dendrogram Based on Ward's Linkage Method

The presence of positive values for both variables in the first cluster indicates that this cluster represents an above-average level of occupational accident intensity. In contrast, the second cluster is characterized by values close to

the mean, while the third cluster exhibits negative values for both variables. This finding suggests that the third cluster represents a relatively lower level of occupational accident intensity.

Table 7. Final Cluster Centers

Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Z_11 Location	1.6417	-0.3011	-1.0396
Z_70 Location	1.3866	-0.0277	-1.3311

The number of observations assigned to each cluster is presented in Table 8, titled Number of Cases in Each Cluster. According to the results, the eight observations included in the analysis were distributed across three clusters, with two observations in the first and third clusters and four observations in the second cluster. This distribution indicates that the dataset is concentrated within three distinct risk groups and that occupational accident data tend to cluster around specific patterns.

Table 8. Number of Cases in Each Cluster

Cluster	Number of Observations
1	2
2	4
3	2
Total (Valid)	8
Missing	0

As a result of the analysis conducted for all 81 provinces, it was observed that the occupational accident data of the 11 earthquake-affected provinces and the remaining 70 provinces form three main cluster structures (Figure 2).

The clustering results indicate that the spatial distribution of occupational accidents in Türkiye is not homogeneous, but rather concentrated around specific regional patterns. In particular, changes in occupational accident figures in the earthquake-affected provinces exhibit a distinct clustering behavior compared to other provinces. Observations in the first cluster are characterized by above-average values, representing a high-risk level of occupational accident intensity, whereas observations in the third cluster display below-average values, indicating a relatively lower level of occupational accident intensity. The second cluster, consisting of values close to the mean, represents a moderate-risk group.

These findings suggest that large-scale disasters are not limited to physical destruction but can also have significant impacts on labor markets and working conditions. Post-earthquake reconstruction activities, increases in construction and infrastructure projects, labor mobility, and changes in working conditions may influence the regional distribution of occupational accident data. Therefore, it is considered essential that occupational health and safety policies in post-disaster periods be designed based on more targeted and region-specific risk analyses. In this context, cluster analysis provides an important analytical tool for identifying regions with similar risk characteristics and supporting decision-makers in developing preventive policies.

a. Cluster Analysis Results in Relation to the Literature

In their study, Miao et al. (2023) analyzed 685 coal mine accidents reported between 2008 and 2022 in order to quantitatively classify human factors contributing to occupational accidents within the context of occupational health and safety (OHS). To reveal the multidimensional structure of human errors, the authors employed an improved HFACS model and identified 29 human factors across supervision, management, and operational levels. These factors were transformed into a 685×29 data matrix using binary (0–1) coding.

Within the k-means clustering framework, the optimal number of clusters was determined as $k=4$ by minimizing the objective function based on Euclidean distance in the feature space. As a result of the clustering process, the 29 human factors were grouped into four meaningful clusters based on shared mathematical characteristics such as interrelatedness, intentionality, norm violation, severity, hazard level, and frequency. Quantitatively, the study revealed that high-frequency and critical factors (e.g., lack of implementation of safety management systems, inadequate risk control, and unsafe behaviors) were present in more than 60% of accident records, whereas factors grouped within subjective and perceptual clusters exhibited lower but more widespread recurrence patterns.

Furthermore, the authors observed that the reduction in within-cluster variance slowed significantly after the number of clusters reached four. Therefore, they concluded that a four-cluster solution provided the most representative and interpretable structure for the dataset. Consequently, human factors with similar characteristics were grouped into four meaningful risk categories in terms of occupational safety.

Similarly, Dhalmahapatra et al. (2019) found that incidents occurring during maintenance, operational, and construction activities tend to concentrate under specific cause–activity–impact combinations. Using k-means clustering, these categories were grouped into four homogeneous risk clusters. Their findings emphasized that, from an occupational safety perspective, not only individual accidents but also recurring patterns of risk behaviors should be analyzed collectively.

5. DISCUSSION

In this study, occupational accident data from 81 provinces in Türkiye were analyzed from two main perspectives. In the first stage, the spatial relationship between the February 6 earthquake and occupational accident data was examined. In the second stage, clustering analysis was conducted based on accident counts in the 11 provinces most affected by the earthquake and the remaining 70 provinces. Hierarchical clustering (dendrogram) and k-means methods were integrated to test the consistency of the results.

An examination of the hierarchical clustering results and the dendrogram (Figure 2) revealed that the provinces were grouped into three main clusters based on natural breakpoints. This three-cluster structure, confirmed at the $p<0.05$ significance level, was also supported by the Elbow method. Although some studies in the literature (e.g., Miao et al., 2023) have preferred a four-cluster structure, the three-cluster solution was determined to be the most appropriate in this study in terms of variance structure and interpretability.

The data obtained from the statistical yearbooks of the Social Security Institution do not include figures related to informal employment. Therefore, the study was conducted based solely on officially recorded data. In addition, no significant correlation was found between the number of injured workers, the rate of severe injuries relative to employment, and the fatality rates following occupational accidents. For this reason, post-accident fatality rates were not included in the classification of provinces. These limitations represent the most important constraints of the study.

The final cluster centers obtained from the analysis (Table 7) indicate that the accident intensity in the 11 earthquake-affected provinces (Z_11 Provinces) increased significantly above the average (1.6417) during and after the earthquake period. This finding demonstrates that high-risk activities such as post-disaster reconstruction

and debris removal directly influence occupational health and safety performance. Furthermore, the results highlight that evaluating occupational accidents through cluster-based accident profiles, rather than individual cases, provides a robust analytical framework for developing targeted prevention strategies and effective risk control policies.

6. CONCLUSION

This study quantitatively demonstrates the impact of large-scale natural disasters on occupational accident dynamics through the application of cluster analysis. The provinces in Türkiye were classified into three main clusters based on their occupational accident risk profiles. The first cluster (high-risk) represents periods and regions where post-earthquake activities intensified and accident rates exceeded the average. In particular, the sharp increase in construction and infrastructure activities following the February 6 earthquake led to a significant rise in accident statistics in the 11 affected provinces.

These findings indicate that occupational health and safety (OHS) policies in post-disaster periods should be addressed within the framework of “emergency risk management.” Rather than analyzing occupational accidents individually, evaluating them through clusters with similar risk characteristics provides a more effective analytical basis for developing targeted prevention strategies and region-specific inspection policies for public authorities.

The rapid convergence of the k-means algorithm in the second iteration, along with the clear separation of the final cluster centers, confirms that the applied z-score standardization and the selected number of clusters are well aligned with the structure of the dataset.

In conclusion, it is recommended that OHS measures in disaster-affected regions be planned not only on a sectoral basis but also by considering the regional socio-economic dynamics triggered by the disaster. For future research, incorporating estimates of informal employment and conducting more detailed sector-based clustering analyses (e.g., construction, mining) would further contribute to the literature.

7. REFERENCES

- Akyüz, K. C., Yıldırım, İ., Tugay, T., Akyüz, İ., & Gedik, T. (2016). İmalat sanayi içerisinde yer alan sektörlerin iş kazası istatistiklerinin küme ve ayırma analizleri ile değerlendirilmesi. *Ormancılık Dergisi*, 12(1), 18–29.
- Altunkaynak, B. (2018). A statistical study of occupational accidents in the manufacturing industry in Turkey. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 66, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.02.012>
- Ayanoğlu, C. C., & Kurt, M. (2019). Metal sektöründe veri madenciliği yöntemleri ile bir iş kazası tahmin modeli önerisi. *Ergonomi*, 2(2), 78–87. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.481861>
- Carrasco-Bonal, V., Vicente-Galindo, P., & Queiruga-Dios, A. (2025). Multiple correspondence analysis and hierarchical clustering of occupational exposure to COVID-19 among healthcare workers in Castilla y León, Spain. *Mathematics*, 13(22), Article 3574. <https://doi.org/10.3390/math13223574>
- Carrillo-Castrillo, J. A., Rubio-Romero, J. C., Guadix, J., & Onieva, L. (2016). Identification of areas of intervention for public safety policies using multiple correspondence analysis. *DYNA*, 83(196), 31–38. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n196.56606>
- Ceylan, H. (2021). Türkiye'de meydana gelen ölümlü iş kazaları. *İSG Akademik (OHS Academic)*, 3(1), 1–13.
- Ceylan, H., & Kaplan, A. (2024). Türkiye'de şehir ve ülke perspektifinden ölümlü iş kazaları. *Kent Akademisi*, 17(1), 231–254. <https://doi.org/10.35674/kent.1391114>
- Karadeniz, O. (2012). Dünya'da ve Türkiye'de iş kazaları ve meslek hastalıkları ve sosyal koruma yetersizliği. *Çalışma ve Toplum*, 34(3), 15–73.
- Memiş, O. (2018). Türkiye'deki iş kazalarının bazı meslek gruplarına göre kaza sıklık hızı ve ağırlık oranları ile karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Miao, D., Wang, W., Lv, Y., Liu, L., Yao, K., & Sui, X. (2023). Research on the classification and control of human factor characteristics of coal mine accidents based on K-Means clustering analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 97, 103481. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103481>
- Öztürk, T. (2022a). ILO üyesi ülkelerin iş kazası sonucu oluşan ölüm oranı bakımından kümeleme yöntemi ile sınıflandırılması. *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi*, 12(1), 35–52. <https://doi.org/10.32331/sgd.1135317>
- Öztürk, T. (2022b). Türkiye'de 2017–2020 yılları arasında yaşanan iş kazaları ve yaralanma olaylarının illere göre değerlendirilmesi. *International Journal of Advanced Engineering and Pure Sciences*, 34(3), 461–471. <https://doi.org/10.7240/jeps.1132772>

UNCOVERING THE ERGONOMICS–ACCIDENT NEXUS: A MULTIDIMENSIONAL ANALYTICAL REVIEW IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Yük. Müh., Ferhat TABAK¹/Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK² / Ergün ERASLAN³/ İbrahim YILMAZ⁴/
Servet SOYGÜDER⁵

¹Yıldırım Beyazıt University, Department of Occupational Health and Safety, 0000-0001-9675-5691

²Kırşehir Ahi Evran University, Department of Geology Engineering, 0009-0004-2812-2349

³Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5667-0391

⁴Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5959-7353

⁵Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-8191-6891

Abstract

The causes of occupational accidents in the field of Occupational Health and Safety (OHS) exhibit a multidimensional structure, in which ergonomic risk factors play a significant role. In particular, ergonomic factors such as awkward working postures, repetitive movements, manual material handling, prolonged static positions, and high physical workload are key determinants in the development of both work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) and occupational accidents. This study investigates the relationship between ergonomics and occupational accidents through a literature-based review within the OHS context. The study evaluates research addressing both the effects of ergonomic risks on worker health and the relationships among activity type, injury type, and injured body region in occupational accidents. In addition, commonly used statistical and analytical methods in the literature-including trend analysis, regression, clustering analysis, multiple correspondence analysis, correlation analysis, data mining, machine learning, and multi-criteria decision-making techniques-are systematically examined. The reviewed studies demonstrate that ergonomic risks are not limited to physical loads but also involve environmental, psychosocial, organizational, and cognitive dimensions that influence occupational accidents and diseases. Overall, the literature indicates that the relationships among activity type, injury type, and injured body region are mostly analyzed at a pairwise or descriptive level, while studies incorporating these variables within holistic and multivariate frameworks remain limited. In conclusion, there is a clear need to expand the use of multidimensional and advanced analytical approaches in OHS research to better understand the role of ergonomics in occupational accidents.

Keywords: Ergonomics, occupational health and safety, occupational accidents, musculoskeletal disorders, literature review, statistical analysis

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAPSAMINDA ERGONOMİ VE İŞ KAZALARI ÜZERİNE BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ

Yük. Müh., Ferhat TABAK¹/ Dr. Öğr. Üyesi, Seda ÇELLEK² / Prof. Dr. Ergün ERASLAN³/
Doç. Dr. İbrahim YILMAZ⁴ / Prof. Dr. Servet SOYGÜDER⁵

¹Yıldırım Beyazıt University, Department of Occupational Health and Safety, 0000-0001-9675-5691

²Kırşehir Ahi Evran University, Department of Geology Engineering, 0009-0004-2812-2349

³Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5667-0391

⁴Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-5959-7353

⁵Yıldırım Beyazıt University, Department of Industrial Engineering, 0000-0002-8191-6891

Özet

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında iş kazalarının nedenleri çok boyutlu bir yapıya sahiptir ve bu nedenler arasında ergonomik risk faktörleri önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle uygunsuz çalışma duruşları, tekrarlayıcı hareketler, ağır yük kaldırma, uzun süre sabit pozisyonda çalışma ve yüksek fiziksel zorlanma gibi ergonomik etmenler, hem işle ilişkili kas-iskelet sistemi bozukluklarının hem de iş kazalarının ortaya çıkışında belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada, ergonomi ile iş kazaları arasındaki ilişki, iş sağlığı ve güvenliği bağlamında literatür temelli olarak incelenmiştir. Çalışmada hem ergonomik risklerin çalışan sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya koyan araştırmalar hem de iş kazalarında faaliyet türü, yaralanma türü ve yaralanan vücut bölgesi arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir. Ayrıca literatürde kullanılan istatistiksel ve analitik yöntemler; trend analizi, regresyon, kümeleme analizi, çoklu uyum analizi, korelasyon analizi, veri madenciliği, makine öğrenmesi ve çok ölçütlü karar verme teknikleri çerçevesinde ele alınmıştır. İncelenen çalışmalar, ergonomik risklerin yalnızca fiziksel yüklenmelerle sınırlı olmadığını; çevresel, psikososyal, örgütsel ve bilişsel boyutların da iş kazaları ve meslek hastalıkları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Literatür genel olarak değerlendirildiğinde, faaliyet türü, yaralanma türü ve yaralanan vücut bölgesi arasındaki ilişkinin çoğu çalışmada ikili veya tanımlayıcı düzeyde incelendiği, ancak bu değişkenlerin bütüncül ve çok değişkenli modellerle birlikte ele alındığı araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, ergonomi kaynaklı risklerin iş kazalarındaki rolünün daha doğru biçimde ortaya konulabilmesi için İSG araştırmalarında çok boyutlu ve ileri analitik yöntemlerin kullanımının artırılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, iş sağlığı ve güvenliği, iş kazaları, kas-iskelet sistemi bozuklukları, literatür araştırması, istatistiksel analiz

1. INTRODUCTION

Occupational accidents and work-related diseases continue to be among the most critical problem areas in working life. Although technical, organizational, environmental, and individual factors all contribute to their occurrence, ergonomic risk factors hold particular importance due to their direct and indirect effects. The failure to design work environments in accordance with human physical and cognitive capacities—through factors such as awkward postures, repetitive movements, excessive force, prolonged standing, manual handling, vibration, noise, job stress, and time pressure—negatively affects worker health. This not only leads to work-related musculoskeletal disorders but also increases the risk of occupational accidents by contributing to reduced attention, fatigue, decreased performance, and a higher likelihood of errors.

Understanding the relationship between ergonomics and occupational accidents should not be limited to the examination of individual risk factors alone. A more comprehensive understanding can be achieved by jointly evaluating the activity performed at the time of the accident, the type of injury, and the affected body region. Such an approach allows for a clearer identification of the role of ergonomic strain in occupational accidents. Accordingly, the literature has increasingly focused on both the health impacts of ergonomic risks and the multivariate patterns underlying occupational accidents. However, many existing studies tend to analyze variables separately, while research that addresses the relationship between activity type, injury type, and injured body region within a holistic framework remains limited.

The aim of this study is to systematically evaluate the relationship between ergonomics and occupational accidents within the context of Occupational Health and Safety through a literature-based approach. Additionally, the study seeks to identify the statistical and analytical methods used in this field and to provide a conceptual framework for future research..

1.1.Literature Review on Ergonomics and Occupational Accidents

In order to develop effective ergonomic recommendations and reduce work-related musculoskeletal disorders, it is essential to comprehensively identify whole-body loading patterns during occupational tasks. van der Have et al. (2023) examined joint loading topography during professional activities and demonstrated that ergonomic risks should be understood not only through observable postures but also through biomechanical load distributions. This approach highlights that ergonomic assessment should be supported not only by observational methods but also by modeling-based techniques.

Work-related musculoskeletal disorders are among the leading occupational health problems worldwide, significantly reducing productivity and quality of life. Findings from a systematic review and meta-analysis conducted by Santos et al. (2025) indicate that ergonomic interventions—such as workplace redesign, equipment adaptation, and training-based strategies—are effective in reducing musculoskeletal pain. These results underline that ergonomic strategies serve not only a preventive function but also a corrective one.

Studies conducted on healthcare workers further support the close relationship between ergonomic risks, occupational accidents, and occupational diseases. Liu et al. (2025), in a multicenter study, showed that simultaneous exposure to multiple adverse ergonomic factors significantly increases the risk of work-related musculoskeletal disorders. Factors such as prolonged static postures, manual patient handling, repetitive movements, and physical strain were strongly associated with disorders in the neck, back, lower back, and upper extremities. These findings emphasize that ergonomic risks should be evaluated not individually but collectively and interactively.

Similarly, Hosseini et al. (2025), in their study on automotive assembly workers, demonstrated that musculoskeletal disorders have a multidimensional risk structure by jointly considering demographic characteristics, mental workload, and working conditions. The study highlights the necessity of evaluating

physical risks together with environmental and psychosocial dimensions. In this regard, ergonomic risks are not limited to physical strain alone but are shaped by mental workload, work pace, and organizational factors.

In recent years, applied studies that consider ergonomics as an integral component of OHS have also gained attention. Öztürk et al. (2025) analyzed ergonomic risks in the crane manufacturing sector using fuzzy multi-criteria decision-making methods and evaluated environmental, psychosocial, organizational, individual, and cognitive risk dimensions together. The findings revealed that ergonomic risks are not limited to physical posture and load but also involve workspace design, stress, cognitive demands, and organizational factors. Similarly, Akalp (2025), using the REBA method in beekeeping activities, found that repetitive movements, forward bending, and manual handling tasks create moderate ergonomic risks, particularly affecting the lower back and upper extremities.

Other field-based studies also support the ergonomics–OHS relationship. Uyar and Demirpolat (2025) examined the risks faced by construction machinery operators using a matrix method and identified the relationship between equipment characteristics, performed activities, and potential injury types. Bingölbali and Budak (2025), on the other hand, evaluated ambulance traffic accidents from an OHS perspective, analyzing the relationships between accident types and injury severity, as well as the prioritization of preventive measures. These studies demonstrate that ergonomics is not only associated with musculoskeletal disorders but also directly related to the occurrence and severity of occupational accidents.

1.2.Occupational Accidents and the Literature

One of the fundamental elements in understanding occupational accidents is identifying the relationship between the activity performed at the time of the accident, the resulting type of injury, and the affected body region. The “Accident and Incident Investigation Handbook” published by the General Directorate of Occupational Health and Safety of the Republic of Turkey Ministry of Labor and Social Security (2025) clearly emphasizes that these three components should be evaluated together. According to the guideline, it is not sufficient to consider only the outcome of an accident; it is also necessary to examine the task being performed at the time of the incident, the associated risk mechanisms, and the specific body region where the injury is concentrated. This approach enables the identification of root causes and the prevention of similar accidents.

Theses and studies conducted in Turkey support the importance of analyzing occupational accidents within this tripartite framework. Özen (2016), in a study on plastic packaging manufacturing, examined the relationships among production activities, injury types, and affected body regions using quantitative data. The findings indicated that activities involving direct contact with machinery in injection and extrusion lines often lead to injuries such as crushing, compression, and cuts, primarily affecting the hands, fingers, and upper extremities. In contrast, activities such as manual handling and transportation were more frequently associated with sprains and strain-type injuries.

Öztürk (2019), using occupational accident notification data from the Social Security Institution (SGK), revealed indirect relationships between activity types and injury patterns, showing that mechanical processes and fall-related incidents were associated with injuries to the lower extremities and torso, while the use of hand tools and equipment was linked to hand and finger injuries. However, the study did not address the activity–injury type–body region triad within a single integrated model. Similarly, Karanfil (2021), through forensic case analyses, found that falls from height were more commonly associated with thoracic, vertebral, and abdominal injuries, whereas injuries involving cutting, piercing, and crushing tools were more frequently observed in the upper extremities.

Sector-specific studies also indicate similar patterns. Karakaya Özkan (2023), in a large-scale analysis of occupational accidents in the metal industry, found that activities involving machinery and equipment were

predominantly associated with hand and finger injuries. Tunçman (2024), using data mining methods in the textile sector, analyzed injury types and identified risk patterns based on accident causes, job characteristics, and machinery-related variables; however, the injured body region was not directly included in the analysis. İnci et al. (2016) evaluated occupational accidents reported in a university hospital and demonstrated differences in injury types and body region distributions across clinical and outpatient settings.

Earlier theses and studies also report consistent findings. Studies by Bingöl (2010), Özarslan (2009), Çınar (2012), Akpırınç (2013), Çelik (2016), and Kölgeli (2021) generally show that the activity performed at the time of the accident determines the mode of exposure, thereby influencing both the type of injury and the body region affected. Activities involving ergonomic strain and repetitive movements are more commonly associated with musculoskeletal injuries and upper and lower extremities, whereas tasks involving machinery and cutting or piercing tools are typically linked to injuries such as cuts, crushing, and punctures, particularly affecting the hands and fingers. Activities involving falls and impacts tend to result in fractures and soft tissue injuries, mainly affecting the torso and lower extremities.

This multivariate relationship is also supported in the international literature. Baraza et al. (2023) analyzed the severity of occupational accidents in the mining sector and identified significant relationships among activity type, injury type, and affected body region. Similarly, Dündar et al. (2024) evaluated the sectoral distribution of injury-related occupational accidents in Turkey and emphasized that different activity types in high-risk sectors lead to distinct injury patterns. Overall, the existing literature clearly demonstrates a strong relationship among activity type, injury type, and affected body region. However, the number of studies that examine these three variables simultaneously within a single, comprehensive, and advanced statistical model remains limited. This highlights the need for further research to better understand the ergonomics-based dimensions of occupational accidents.

1.3.Occupational Safety and Statistical Analyses in the Literature

In the OHS literature, there is a growing shift beyond traditional descriptive statistics toward the use of multivariate and advanced analytical methods. These methods are essential for more accurately capturing the multidimensional nature of occupational accidents and ergonomic risks.

Liu et al. (2025) employed the Weighted Quantile Sum (WQS) model to assess the impact of mixed ergonomic exposures on the risk of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). This approach is noteworthy for its ability to evaluate the combined effects of multiple ergonomic risk factors. Similarly, Lombardi and Rossi (2013) analyzed historical data on fatal occupational accidents and evaluated causal structures using statistical techniques.

Demirel Top et al. (2018) compared fatal occupational accidents in Turkey with those in European countries, using the coefficient of variation, cluster analysis, and multidimensional scaling to examine similarities and differences across countries. This study demonstrates that OHS data can be effectively analyzed using comparative and multivariate statistical methods.

In the literature, methods such as Multiple Correspondence Analysis (MCA), clustering analysis, regression, correlation analysis, machine learning, and multi-criteria decision-making techniques are particularly prominent. Mezoni et al. (2025), in the aluminum forming industry, applied an integrated approach combining correlation analysis, ANOVA, Tukey's test, and Ward's clustering method to evaluate occupational accidents and ergonomic risks. Their study identified high-risk worker clusters by jointly considering variables such as age, experience, gender, alcohol consumption, pain regions, and accident history.

Similarly, Faria and Raposo (2025) used MCA and Hierarchical Clustering on Principal Components (HCPC) to identify distinct exposure clusters in pesticide poisoning cases, emphasizing the importance of jointly evaluating

activity context, exposure pathways, and clinical outcomes. Arslan (2025), through a bibliometric analysis, examined the conceptual relationships between data mining, clustering, and statistical methods, highlighting the central role of clustering techniques in data mining studies.

Recent studies in Turkey also demonstrate the use of multiple analytical techniques in combination. Acar and Yurtçu (2025) analyzed occupational accidents in the healthcare sector using trend analysis and linear regression, revealing increasing trends and deterioration patterns over time. Öztürk et al. (2025) evaluated ergonomic risks using Pythagorean Fuzzy AHP and Neutrosophic AHP, introducing a multi-criteria decision-making approach to address uncertainty in OHS problems. The Cartesian Product Method, developed by Efendioğlu and Korkmaz (2025), offers an innovative alternative to traditional matrix and Fine–Kinney methods by considering probability and severity parameters as intervals rather than fixed values in risk assessment.

On the other hand, some studies employ advanced analytical methods but still fall short of presenting a fully integrated ergonomics–occupational accident model. Tunçman (2024) used machine learning-based classification methods to predict injury types in the textile sector, while Karakaya Özkan (2023) applied algorithms such as Random Forest, KNN, CART, and GBM to predict accident severity in the metal industry. Although these studies provide strong decision-support potential, they do not integrate activity type, injury type, and affected body region within a unified analytical framework.

In conclusion, the literature shows that statistical analysis tools in OHS research are becoming increasingly diverse. However, there remains a need for more comprehensive, multilevel, and holistic models that can simultaneously incorporate different data types and risk dimensions in order to fully explain ergonomics-related occupational accidents.

1.3.1. Studies Employing Multiple Analytical Methods in the Literature

Some studies in the literature have produced more comprehensive findings by combining multiple analytical approaches rather than relying on a single method. These studies demonstrate that occupational health and safety (OHS) data can be utilized not only for descriptive purposes but also for pattern recognition, classification, relationship analysis, and decision support.

Acar and Yurtçu (2025) employed both trend analysis and linear regression to evaluate occupational accidents in the human health services sector in Türkiye during the 2013–2022 period. Their findings indicated that several indicators exhibited a deteriorating trend over time rather than showing signs of improvement.

Mezoni et al. (2025) applied Pearson correlation, tetrachoric correlation, analysis of variance (ANOVA), Tukey's post hoc test, and Ward's hierarchical cluster analysis to investigate the relationship between ergonomic risks and occupational accidents. This integrated analytical framework enabled the identification not only of risk levels but also of groups of workers with similar risk profiles.

Faria and Raposo (2025) analyzed pesticide poisoning cases using multiple correspondence analysis combined with hierarchical clustering based on principal components. This approach enabled a pattern-based classification of exposure contexts, clinical outcomes, and risk profiles. Similarly, Taha et al. (2025) combined principal component analysis (PCA), hierarchical cluster analysis, and the independent samples t-test to evaluate heavy metal and chemical component data.

These studies demonstrate that the integration of multiple analytical techniques enhances the interpretability of OHS data while providing stronger support for evidence-based decision-making. Particularly in studies investigating ergonomics, occupational accidents, and exposure patterns simultaneously, analyses based on a single statistical method may be insufficient, whereas multi-method analytical approaches provide more comprehensive and informative results.

2. METHODOLOGY

Some studies in the literature have produced more comprehensive results by employing multiple analytical approaches rather than relying on a single method. These studies demonstrate that OHS data can be utilized not only at a descriptive level but also for pattern recognition, classification, relationship analysis, and decision support purposes.

Acar and Yurtçu (2025), in their study evaluating occupational accidents in the human health services sector in Turkey for the period 2013–2022, employed both trend analysis and linear regression methods. Their findings revealed that, rather than improvement, some indicators exhibited a deterioration trend over time.

Mezoni et al. (2025) applied Pearson correlation, tetrachoric correlation, ANOVA, Tukey's test, and Ward's clustering analysis to examine the relationship between ergonomic risks and occupational accidents. This integrated approach enabled not only the assessment of risk levels but also the identification of worker clusters with similar risk profiles.

Similarly, Faria and Raposo (2025) analyzed pesticide poisoning cases using Multiple Correspondence Analysis (MCA) and hierarchical clustering on principal components, thereby deriving pattern-based classifications across exposure context, clinical outcomes, and risk profiles. In a similar vein, Taha et al. (2025) employed PCA, hierarchical clustering, and t-test methods together in the analysis of heavy metals and chemical components.

These studies indicate that the use of multiple analytical approaches in the OHS field enhances both the interpretative power of data and the effectiveness of decision-making processes. Particularly in research where ergonomics, occupational accidents, and exposure patterns are examined together, single-method analyses may be insufficient, whereas multi-analytical approaches provide more comprehensive and explanatory results..

2.1.Data Sources and Literature Selection

The data sources of this study consist of academic publications and institutional documents compiled within the scope of the research. The following categories of sources were utilized in the literature selection process:

- ✓ National and international peer-reviewed journal articles,
- ✓ Master's, doctoral, and specialization theses,
- ✓ Official institutional reports and guideline documents,
- ✓ Recent publications addressing occupational accidents, ergonomics, and statistical analysis together.

The following criteria were considered in selecting studies included in the literature pool:

1. The study is directly related to ergonomics, occupational accidents, or occupational health and safety,
2. It focuses on ergonomic risk factors, work-related musculoskeletal disorders, or occupational accident patterns,
3. It includes at least one of the following variables: activity type, injury type, or affected body region,
4. It incorporates at least one analytical method such as statistical analysis, data mining, clustering, regression, multiple correspondence analysis, machine learning, or multi-criteria decision-making,
5. It contributes to the conceptual, practical, or methodological aspects of the subject.

Within this framework, the selected studies were examined in terms of ergonomic interventions, musculoskeletal disorders, sectoral analyses of occupational accidents, risk assessment methods, and applications of multivariate data analysis.

2.2. Data Collection and Evaluation Process

The data collection process in this study is based on a detailed review of the selected sources and their summarization in line with the research objectives. For each publication, the following elements were identified:

- ✓ The subject of the study,
- ✓ The sector or field of application,
- ✓ The type of data used,
- ✓ The ergonomic or occupational accident variables considered,
- ✓ The analytical methods employed,
- ✓ The main findings,
- ✓ Its contribution to occupational health and safety.

Within this framework, each source was examined not only at the bibliographic level but also in terms of its content and methodology. Particular attention was given to which variables were analyzed together, which statistical methods were used, and how the relationship between ergonomics and occupational accidents was interpreted.

This study does not rely on direct field data or primary data generation; rather, it constitutes a review based on the evaluation of existing literature. Therefore, the findings are limited by the scope, methodological structure, and reporting quality of the reviewed studies. Additionally, while some studies in the literature consider activity type, injury type, and affected body region together, others focus on only one or two of these variables. This situation limits the full comparability between studies. Nevertheless, the breadth and diversity of the sources included in the research allow for the identification of general trends in the relationship between ergonomics and occupational accidents

3. FINDINGS AND DISCUSSION

The literature examined in this study demonstrates that the relationship between ergonomics, occupational accidents, and occupational health and safety exhibits a multidimensional structure. The findings obtained from the literature can be evaluated under three main themes: the effects of ergonomic risk factors on worker health, the relationship among activity type, injury type, and affected body region in occupational accidents, and the statistical analysis methods used in the field of occupational health and safety.

3.1. Ergonomic Risk Factors and Occupational Diseases

The literature indicates that ergonomic risk factors play a significant role, particularly in the development of work-related musculoskeletal disorders. Factors such as awkward working postures, repetitive movements, manual handling of heavy loads, prolonged static positions, and high physical strain impose substantial loads on the musculoskeletal system of workers.

The study conducted by van der Have et al. (2023) demonstrated that joint loading occurring during occupational tasks should be analyzed using biomechanical modeling approaches. This perspective highlights that ergonomic risks should be assessed not only through observational evaluations but also through biomechanical analyses. Similarly, the findings of a systematic review and meta-analysis by Santos et al. (2025) revealed that ergonomic interventions are effective in reducing musculoskeletal pain among workers.

Research conducted on healthcare workers also clearly demonstrates the impact of ergonomic risks on worker health. Liu et al. (2025), in a multicenter study, found that simultaneous exposure to multiple ergonomic risk factors significantly increases the risk of work-related musculoskeletal disorders. In particular, prolonged static postures, manual patient handling, and repetitive movements were strongly associated with disorders in the neck, back, and lower back regions.

Likewise, Hosseini et al. (2025), in their study on automotive assembly workers, showed that musculoskeletal disorders are not solely caused by physical strain but are influenced by multiple factors, including mental workload, working conditions, and demographic characteristics. These findings indicate that ergonomic risks have a multidimensional structure and should be evaluated in conjunction with physical, environmental, and psychosocial factors.

Applied studies conducted in Turkey also point to similar conclusions. Öztürk et al. (2025) analyzed ergonomic risks among workers in the crane manufacturing sector using fuzzy multi-criteria decision-making methods and identified environmental factors as having the highest importance among ergonomic risks. In another study, Akalp (2025), using the REBA method in beekeeping activities, determined that workers are exposed to moderate ergonomic risks, particularly in the lower back and upper extremities.

Overall, these studies demonstrate that ergonomic risk factors contribute not only to musculoskeletal disorders but also to the occurrence of occupational accidents.

3.2.Relationship Between Activity Type, Injury Type, and Affected Body Region in Occupational Accidents

One of the most commonly used approaches in the analysis of occupational accidents in the literature is the examination of the relationship between the activity performed at the time of the accident, the resulting injury type, and the affected body region. These three variables provide a fundamental framework for understanding the cause–effect relationships of occupational accidents. The accident investigation guideline published by the General Directorate of Occupational Health and Safety of the Republic of Turkey Ministry of Labor and Social Security (2025) also emphasizes that activity type, injury type, and affected body region should be evaluated together in accident analyses. This approach enables a focus not only on the outcome of the accident but also on the activity and risk mechanisms that lead to it. Studies and theses conducted in Turkey indicate a strong relationship among these three variables. In a study carried out by Özen (2016) in the plastic packaging manufacturing sector, it was found that activities involving direct contact with machinery more frequently result in crushing and cutting injuries, which predominantly occur in the hands and fingers. Analyses conducted by Öztürk (2019) using Social Security Institution (SGK) occupational accident data revealed that mechanical activities and fall-related incidents are associated with injuries to the lower extremities and torso, while activities involving hand tools and equipment are more frequently linked to injuries in the hands and fingers. Similarly, Karanfil (2021) found that falls from height are more commonly associated with thoracic and vertebral injuries.

Studies conducted in the metal and textile sectors show similar patterns. Karakaya Özkan (2023) reported that occupational accidents in the metal sector are largely related to machinery use and that hand and finger injuries are predominant. Tunçman (2024), using data mining methods in the textile sector, demonstrated that certain accident causes are associated with specific types of injuries.

Similar findings are also reported in the international literature. Baraza et al. (2023), in a study conducted in the mining sector, identified statistically significant relationships between activity type, injury type, and affected body region. Likewise, Dünder et al. (2024) showed that activities carried out in different sectors lead to distinct injury patterns.

These findings indicate that occupational accidents cannot be explained through a single variable; rather, activity type, injury type, and affected body region must be evaluated together.

3.3. Statistical Analyses Used in Occupational Health and Safety Studies

The literature shows that various statistical analysis methods are used to examine occupational accidents and ergonomic risks. These methods include trend analysis, regression analysis, clustering analysis, multiple correspondence analysis, data mining techniques, and machine learning algorithms.

Lombardi and Rossi (2013) used cluster analysis to identify similar accident patterns in the analysis of fatal occupational accidents. Demirel Top et al. (2018), on the other hand, compared fatal occupational accidents in Turkey with those in European countries by employing the coefficient of variation, cluster analysis, and multidimensional scaling methods.

In the study conducted by Mezoni et al. (2025), correlation analysis, ANOVA, Tukey's test, and Ward's clustering method were used together. In this study, workers were classified into different risk groups based on variables such as age, experience, accident history, and body pain. This approach demonstrates that multivariate analyses are important tools for identifying occupational accidents and ergonomic risks.

Similarly, Faria and Raposo (2025) applied Multiple Correspondence Analysis (MCA) and hierarchical clustering methods together to identify different exposure profiles in pesticide poisoning cases. Arslan (2025) also showed that data mining and clustering methods are frequently used alongside statistical techniques in the literature.

However, some studies conducted in Turkey indicate that the use of advanced analytical methods remains limited. Although machine learning algorithms were employed in studies by Tunçman (2024) and Karakaya Özkan (2023), activity type, injury type, and affected body region variables were not integrated within the same analytical model.

This situation indicates the need for more comprehensive statistical approaches to fully understand the multidimensional nature of occupational accidents.

4. DISCUSSION

In this study, the relationship between ergonomics and occupational accidents was examined through a literature-based approach within the context of Occupational Health and Safety. Overall, the reviewed studies indicate that ergonomic risk factors play a significant role in both the occurrence of occupational diseases and occupational accidents. In particular, factors such as awkward working postures, repetitive movements, manual handling of heavy loads, prolonged static positions, and high physical workload impose substantial strain on the musculoskeletal system, thereby increasing the risk of occupational accidents.

The literature also demonstrates that ergonomic risks are not limited to physical loads alone but should be evaluated together with environmental, organizational, and psychosocial factors. In modern production systems, elements such as increased work pace, automation processes, shift work, and time pressure contribute to both physical and mental workload, thereby elevating the likelihood of occupational accidents. Therefore, ergonomics should be considered not merely as a discipline focused on correcting working postures, but as a holistic approach aimed at designing human-centered work environments.

A significant portion of the reviewed studies highlights that the relationship among activity type, injury type, and affected body region is a key determinant in the analysis of occupational accidents. In general, activities involving machinery use and cutting or piercing tools are predominantly associated with injuries to the hands and fingers, whereas activities involving lifting, carrying, and bodily movement are more frequently linked to musculoskeletal injuries and lower extremity injuries. These findings indicate that the nature of the task performed plays a decisive role in the occurrence of occupational accidents.

Another important finding in the literature relates to the methods used in accident analysis. While traditional studies have largely relied on descriptive statistics and pairwise comparisons, recent years have seen an increasing

use of advanced analytical techniques such as data mining, clustering analysis, machine learning algorithms, and multi-criteria decision-making methods. These approaches allow for a more comprehensive understanding of the complex structures underlying occupational accidents and ergonomic risks.

However, several important limitations are also evident in the literature. Many studies examine activity type, injury type, and affected body region separately, while the number of studies that analyze these variables simultaneously within a single model remains limited. Given that the mechanisms of occupational accidents are often inherently multivariate, there is a clear need for the broader application of multivariate statistical methods in ergonomics-based accident research.

Furthermore, a considerable portion of the literature focuses on specific sectors or particular datasets, which may limit the generalizability of findings. Future research should therefore incorporate larger and more diverse datasets covering multiple sectors and apply multidimensional analytical approaches to achieve a more comprehensive understanding of the causes of occupational accidents..

5. CONCLUSION

This study examined the relationship between ergonomics, occupational accidents, and occupational health and safety through a literature-based approach and identified the general trends in existing research. The reviewed studies indicate that ergonomic risk factors have significant effects on worker health and play a determining role in the occurrence of occupational accidents.

Overall, the literature suggests that factors such as awkward working postures, repetitive movements, manual handling of heavy loads, prolonged static positions, and environmental working conditions are major contributors to both musculoskeletal disorders and occupational accidents. In addition, it is evident that activity type, injury type, and affected body region should be evaluated together in accident analyses. The interaction among these three variables contributes to a more accurate understanding of accident mechanisms and supports the development of effective preventive strategies.

An examination of the analytical methods used in the literature reveals the application of various approaches, including descriptive statistics, regression analysis, clustering analysis, multiple correspondence analysis, data mining techniques, and machine learning algorithms. However, many studies apply these methods to a limited number of variables and fail to integrate activity type, injury type, and affected body region within a single comprehensive model. Therefore, future research should adopt integrated approaches that combine multivariate statistical analyses and data mining techniques to provide a more comprehensive understanding of ergonomics-related occupational accidents. In particular, the combined use of clustering analysis, multiple correspondence analysis, trend analysis, correlation matrices, and machine learning-based models may help reveal the underlying causes of occupational accidents in greater detail.

In conclusion, ergonomics should be considered a fundamental component of occupational health and safety studies. Designing work environments based on human-centered principles, systematically identifying ergonomic risks, and developing preventive strategies will significantly contribute to reducing occupational accidents. The integration of ergonomics-based risk management approaches into OHS policies will support both the protection of worker health and the establishment of safe and sustainable working environments

6. REFERENCES

- Acar, M. A., & Yurtçu, A. (2025). Turkey'de insan sağlığı hizmetleri sektöründe artan iş kazası riski: 2013–2022 dönemi için Avrupa Birliği ile karşılaştırmalı bir değerlendirme. *OHS Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 8(1), 36–59. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.1641778>
- Akalp, H. G. (2025). Arıcılık faaliyetlerinde ergonomik risklerin belirlenmesi: REBA yöntemi ile kas-iskelet sistemi yüklerinin analizi. *Ergonomi*, 8(2), 80–89. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.1715830>
- Akpıncı, S. (2013). Şanlıurfa il merkezine bağlı köylerde tarım iş kolunda akut yaralanma sıklığı ve kişi/ortam faktörleri (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi.
- Arıtan, A. E., & Ataman, M. (2017). Kaza oranları hesaplamalarıyla iş kazası analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 239–246. <https://doi.org/10.5578/fmbd.51762>
- Arslan, E. (2025). Veri madenciliği, kümeleme ve istatistiksel yöntemler arasındaki ilişkilerin VOSviewer ile görselleştirilmesi. *4 Eylül Akademi Dergisi*, 2(2), 21–31.
- Baraza, X., Cugueró-Escofet, N., & Rodríguez-Elizalde, R. (2023). Statistical analysis of the severity of occupational accidents in the mining sector. *Journal of Safety Research*, 86, 364–375. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.07.015>
- Bingöl, S. (2010). Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'ndeki metal sanayi iş koluna ait işyerlerinde iş kazası sıklığı ve etkileyen bazı etmenler (Uzmanlık tezi). Uludağ Üniversitesi.
- Bingölbali, A., & Budak, G. (2025). Acil sağlık hizmetlerinde proaktif iş güvenliği önlemlerinin belirlenmesi. *JTOM*, 9(1), 96–118.
- Ceylan, H. (2012). Analysis of occupational accidents according to the sectors in Turkey. *Gazi University Journal of Science*, 25(4), 909–918.
- Çelik, E. (2016). Sağlık çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine dair farkındalıklarının incelenmesine yönelik bir alan araştırması (Yüksek lisans tezi). İstanbul Gelişim Üniversitesi.
- Çetin, M. B., Özdemir, Y., Yıldırım, M., & Aytekin, M. A. (2024). Meslek hastalıkları ve iş kazaları ile ilgili istatistiksel çalışmalar: Literatür taraması. *Journal of Statistics & Applied Sciences*, 9, 106–123. <https://doi.org/10.52693/jsas.1446610>
- Davoudi Kakhki, F., Freeman, S. A., & Mosher, G. A. (2019). Segmentation of severe occupational incidents in agribusiness industries using latent class clustering. *Applied Sciences*, 9(18), 3641. <https://doi.org/10.3390/app9183641>
- Demirel Top, E., Yapıcı, N., & Cetinkaya, C. (2018). Comparison of fatal occupational accidents statistics in Turkey with some European countries. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(6), 107–119.
- Dündar, S., Bilim, A., & Bilim, N. (2024). Turkey'deki yaralanmalı iş kazalarının sektörel dağılımı ve analizi. *NÖHÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 28–33.
- Efendioğlu, N., & Korkmaz, S. (2025). A new approach for risk assessment: The Cartesian product method. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 9(2), 131–140.
- Faria, B. L. S., & Raposo, L. M. (2025). Identification of distinct pesticide poisoning patterns in Brazil: A cross-sectional cluster analysis of epidemiological data. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 98, 191–202. <https://doi.org/10.1007/s00420-025-02122-1>

- Hosseini, Z. S. J., Mokhtarina, H. R., Vahedi, M., & Melloh, M. (2025). Prevalence and multivariate analysis of risk factors associated with musculoskeletal disorders among automotive assembly workers: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 25, 2710. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23987-4>.
- İnci, E. İ., Bilişli, Y., & Hizay, D. (2016). İş kazalarına maruz kalan sağlık çalışanlarının bildirimlerinin değerlendirilmesi: Üniversite hastanesi örneği. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 3(3). <https://doi.org/10.5455/sad.13-1477513701>
- Karanfil, E. D. (2021). İş kazası nedeniyle 2016–2020 yılları arasında değerlendirilen olguların retrospektif olarak incelenmesi (Uzmanlık tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Karakaya Özkan, E. (2023). Metal sektöründe yaşanan iş kazalarının istatistiksel olarak incelenmesi ve makine öğrenimi algoritmaları ile tahmin çalışmaları (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi.
- Kılıç, S., Adıyaman, S., Sezer, F., & Cantür, G. (2017). İş kazası sonucu maluliyet tayinine konu olan üst ekstremité yaralanmaları: Üç olgu sunumu. *Adli Tıp Bülteni*, 22(1), 72–75. <https://doi.org/10.17986/blm.2017127145>.
- Kölgeli, N. (2021). Turkey'de inşaat sektöründe, 2008–2019 yılları arasında meydana gelen iş kazalarının analizi (Yüksek lisans tezi). İzmir Ekonomi Üniversitesi.
- Liu, F., Duan, Y., Wang, Z., Ling, R., Xu, Q., Sun, J., Liu, Y., Yang, Y., Li, G., Zhang, H., Li, D., Wang, R., Liu, J., Li, T., Liu, J., Geng, X., Xiong, W., Li, Z., Jia, N., & Wu, C. (2025). Mixed adverse ergonomic factors exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders: A multicenter cross-sectional study of Chinese medical personnel. *Scientific Reports*, 15, 14705. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99477-9>.
- Lombardi, M., & Rossi, G. (2013). Cluster analysis of fatal accidents series in the INFOR.MO database: Analysis, evidence and research perspectives. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 3(4), 318–332.
- Mezoni, M. F., de Paula Xavier, A. A., Oro, S. R., Ribas Pessa, S. L., Schmidt de Oliveira, M., & Steffen, V. (2025). Occupational risks in a Brazilian aluminum forming industry: Risk analysis and work environment. *Safety*, 11, 30. <https://doi.org/10.3390/safety11020030>.
- Nenonen, N. (2013). Analysing factors related to slipping, stumbling, and falling accidents at work: Application of data mining methods to Finnish occupational accidents and diseases statistics database. *Applied Ergonomics*, 44(2), 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.07.001>.
- Özen, T. (2016). Plastik ambalaj ürün imalatında iş kazalarının irdelenmesi (İSG uzmanlık tezi). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.
- Öztürk, B. N., Sanlı, Y. B., Güven, E., & Eren, T. (2025). Vinç imalat sektöründe çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 8(2), 90–118. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.1722739>.
- Öztürk, T. (2019). İş kazalarına etki eden faktörlerin çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi (Doktora tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Santos, W., Rojas, C., Isidoro, R., Benlloch, M., & Lorente, R. (2025). Efficacy of ergonomic interventions on work-related musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14, 3034. <https://doi.org/10.3390/jcm14030304>.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. (2025). Kazaları ve olayları araştırma el kitabı. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

- Tunçman, B. (2024). Tekstil sektöründe iş kazalarına neden olan risk faktörlerinin veri madenciliği yöntemleriyle değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Uyar, M. M., & Demirpolat, A. B. (2025). Assessment of the problems faced by construction equipment operators actively working in the field and risk analysis of actively used equipment. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 9(1).
- van der Have, A., Wang, W., Van Rossom, S., & Jonkers, I. (2023). Joint loading topography during occupational tasks: A musculoskeletal modeling approach to substantiate ergonomic recommendations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103451>.

AN INTERVAL TYPE-2 FUZZY AHP MODEL FOR R&D INVESTMENT AREA SELECTION IN THE DEFENSE INDUSTRY

Researcher, Yusuf ERCAN¹/ Researcher, İbrahim TOKGÖZ²/ Asst.Prof.Dr., Cahit BILGI³

¹Istanbul University-Cerrahpaşa, Defence Technologies, ercanyusuf@ogr.iuc.edu.tr, 0009-0001-2275-313X

²Istanbul University-Cerrahpaşa, Defence Technologies, ibrhmtkgz@gmail.com, 0000-0003-3649-0980

³Istanbul University-Cerrahpaşa, Aviation, cahit.bilgi@iuc.edu.tr, 0000-0002-7432-2817

Abstract

Defense industry companies must make strategic decisions regarding the allocation of limited R&D budgets to specific technology domains under conditions of high uncertainty and confidentiality. The aim of this study is to address this multi-criteria decision problem through a systematic and uncertainty-sensitive methodology. The absence of any prior work directly applying an Interval Type-2 Fuzzy AHP (IT2 Fuzzy AHP) framework to the problem of R&D investment area selection in the defense industry constitutes the primary originality claim of this study. IT2 Fuzzy AHP was adopted as the methodological approach, as Type-2 fuzzy sets are capable of modeling the second-order uncertainty inherent in the linguistic assessments of decision-makers more realistically than Type-1 methods. Six evaluation criteria — technological maturity, strategic priority, time to return, risk level, human resources, and export potential — and five technology alternatives — AI-Enabled Autonomous Systems, Electronic Warfare Systems, Laser/Directed Energy Weapons, Cyber Defense Technologies, and Hypersonic Systems — were assessed. IT2 fuzzy pairwise comparison matrices were constructed, criterion weights were computed via the Karnik-Mendel algorithm, and the reliability of the method was confirmed through consistency analysis. The findings reveal that Strategic Priority (38.3%) and Technological Maturity (24.2%) are the most decisive dimensions. In the final ranking, Cyber Defense Technologies (0.259) emerged as the top-ranked alternative, followed by AI-Enabled Autonomous Systems (0.238) and Electronic Warfare Systems (0.210). Sensitivity analysis confirmed that the ranking remained stable under weight perturbations of $\pm 20\%$.

Keywords: Interval Type-2 Fuzzy Sets, Analytic Hierarchy Process, Defense Industry, R&D Investment Decision, Multi-Criteria Decision Making

Introduction

Defense industry companies must make strategic decisions about which technology area to allocate their limited research and development (R&D) budgets to, within a rapidly transforming technological environment. These decisions require the simultaneous evaluation of multiple conflicting criteria such as technological maturity, strategic priority, risk level, and export potential, and are furthermore made under the defense sector's specific conditions of confidentiality and strategic uncertainty.

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a well-established method widely used for determining criterion weights in multi-criteria decision problems (Saaty, 1980). However, classical AHP requires decision-makers to express their evaluations using crisp numbers, which conflicts with the subjective and linguistic nature of defense R&D decisions. Type-1 fuzzy AHP partially addresses this limitation but cannot represent the uncertainty inherent in the membership functions themselves — that is, second-order uncertainty.

Interval Type-2 fuzzy sets (IT2FS) offer the capacity to represent this second-order uncertainty through upper and lower membership functions, producing more realistic results compared with classical methods, particularly in defense decisions characterized by high uncertainty and reliance on a small number of expert opinions (Kahraman et al., 2014; Mendel & John, 2002).

This study proposes a framework that applies the IT2 Fuzzy AHP method to R&D investment area selection in the defense industry in order to address this gap. Six evaluation criteria and five technology alternatives were assessed in light of the defense sector literature.

The remainder of the study is organized as follows. The second section reviews the existing literature, the third section explains the methodology, the fourth section presents the findings and discussion, and the fifth section presents the conclusions and recommendations.

1. LITERATUR REVIEW

1.1. Multi-Criteria Decision Making and Fuzzy Set Theory

Multi-criteria decision making (MCDM) is a decision-support approach aimed at determining the best alternative under conflicting criteria (Kahraman et al., 2015). Since decision-makers' evaluations in real-world problems are largely linguistic and subjective in nature, the integration of fuzzy set theory with MCDM methods has become increasingly widespread (Bellman & Zadeh, 1970; Zadeh, 1965).

Fuzzy AHP emerged from extending Saaty's (1980) classical AHP method with fuzzy set theory. Pioneering studies in this field were carried out by van Laarhoven and Pedrycz (1983) and Buckley (1985). Chang (1996) proposed a more computationally convenient approach based on extent analysis. Type-1 fuzzy AHP cannot model the uncertainty in the membership functions themselves.

To address this limitation, Mendel and John (2002) simplified interval Type-2 fuzzy sets, while Mendel, John, and Liu (2006) matured the mathematical operations of IT2 fuzzy logic systems. Mendel (2007) systematically compiled defuzzification methods.

1.2. Multi-Criteria Decision Making and Fuzzy Set Theory

The IT2 Fuzzy AHP method was first applied to the supplier selection problem by Kahraman et al. (2014), who systematically established the method's mathematical framework. Cevik Onar, Oztaysi, and Kahraman (2014) combined IT2 Fuzzy AHP with hesitant fuzzy TOPSIS for strategic decision selection. Oztaysi (2015) applied the method to enterprise information system project selection in a group decision-making environment.

Aleksic and Tadic (2023) systematically reviewed Type-2 fuzzy multi-attribute decision-making studies published between 2013 and 2022, showing that the method has become increasingly widespread in fields such as manufacturing, logistics, energy, and healthcare.

1.3. Multi-Criteria Decision Making and Fuzzy Set Theory

Multi-criteria decision-making studies in the defense sector have increased markedly in recent years. Kiraç and Akan (2020) addressed the military and commercial aircraft selection problem by combining the IT2 Fuzzy AHP and TOPSIS methods. Nebati, Ayvaz, and Kusakci (2024) conducted an ERP system evaluation in the defense industry by integrating fuzzy AHP and CODAS methods. Sanchez-Lozano, Correa-Rubio, and Fernández-Martínez (2022) proposed a two-stage fuzzy MCDM model for defense aircraft evaluation; Tesic, Božanić, Stojković, Puška, and Stojanović (2023) developed a hybrid fuzzy MCDM model for strategy selection within a defense system.

In the context of R&D investment decisions, Huang, Chu, and Chiang (2008) applied Fuzzy AHP to government-sponsored R&D project selection. Vesic Vasovic, Puzovic, and Paunovic (2023) used IT2FS in technological R&D partnership selection. However, no study in the literature has been found that directly applies the IT2 Fuzzy AHP framework to R&D investment area selection in the defense industry. This gap constitutes the originality rationale of the present study.

2. METHODOLOGY

2.1. Interval Type-2 Fuzzy Set Theory

Fuzzy set theory was first introduced by Zadeh (1965); the foundation of Type-2 fuzzy sets was laid with the definition of the concept of linguistic variables (Zadeh, 1975). While each element in classical Type-1 fuzzy sets is represented by a single degree of membership, in Type-2 fuzzy sets the degree of membership itself possesses a fuzzy structure (Mendel & John, 2002). This feature allows the second-order uncertainty in decision-makers' linguistic evaluations and disagreements among experts to be mathematically modeled (Mendel et al., 2006).

A Type-2 fuzzy set is denoted in the universe of discourse X by the double-tilde symbol $\tilde{\tilde{A}}$, with the secondary membership function $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u)$, defined as follows (Mendel & John, 2002):

$$\tilde{\tilde{A}} = \{ (x, u), \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0, 1], 0 \leq \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u) \leq 1 \} \quad (1)$$

Here, x denotes the primary variable, and J_x denotes the primary membership degrees (domain) of element x in the universe X within the interval $[0, 1]$. When the universe of discourse is continuous, the set $\tilde{\tilde{A}}$ can also be represented using the integral-based union symbol as follows (Mendel et al., 2006):

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u) / (x, u) \quad (2)$$

Here, the symbol $\int$ represents the continuous union taken over all valid values of x and u . If $\tilde{\tilde{A}}$ is an Interval Type-2 Fuzzy Set (IT2FS), all secondary membership degrees equal unity (i.e., $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u) = 1$). In this case, the membership function is bounded by a Lower Membership Function (LMF) and an Upper Membership Function (UMF) (Mendel, 2007). The region between these two bounding functions, which constitutes the main source of second-order uncertainty, is called the Footprint of Uncertainty (FOU) (Kahraman et al., 2014).

In this study, triangular interval Type-2 fuzzy numbers were adopted to model decision-makers' linguistic evaluations. A triangular IT2 fuzzy number is represented as a paired structure with six parameters, as follows (Kahraman et al., 2014):

$$\tilde{\tilde{A}} = (\tilde{\tilde{A}}^U, \tilde{\tilde{A}}^L) = ((a_1^U, a_2^U, a_3^U; H_1(\tilde{\tilde{A}}^U), H_2(\tilde{\tilde{A}}^U)), (a_1^L, a_2^L, a_3^L; H_1(\tilde{\tilde{A}}^L), H_2(\tilde{\tilde{A}}^L))) \quad (3)$$

Here, $\tilde{A}^U$ represents the upper membership function (UMF), and $\tilde{A}^L$ represents the lower membership function (LMF). The H_i values indicate the peak heights (between 0 and 1) of the respective lower and upper membership functions (Mendel & John, 2002). In this study, in line with standard practice in the literature, $H_1 = H_2 = 1$ was adopted, using a fully normalized standard triangular IT2FS structure (Kahraman et al., 2014).

2.2. Linguistic Scale and Fuzzy Number Conversion

In the IT2 Fuzzy AHP application, the nine-level linguistic scale proposed by Kahraman et al. (2014) is used for pairwise comparisons. Table 1 presents the linguistic terms and their corresponding IT2 fuzzy numbers.

Table 1. IT2 Fuzzy AHP Linguistic Scale (Kahraman et al., 2014)

Linguistic Term	Importance Level	IT2 Fuzzy Number(a_u, a_l)
Equally Important	1	(1,1,1;1,1) / (1,1,1;1,1)
Slightly More Important	2	(1,2,3;1,1) / (1.5,2,2.5;0.9,0.9)
Moderately More Important	3	(2,3,4;1,1) / (2.5,3,3.5;0.9,0.9)
Between Moderate Important	4	(3,4,5;1,1) / (3.5,4,4.5;0.9,0.9)
Strongly More Important	5	(4,5,6;1,1) / (4.5,5,5.5;0.9,0.9)
Between Strong Important	6	(5,6,7;1,1) / (5.5,6,6.5;0.9,0.9)
Very Strongly More Important	7	(6,7,8;1,1) / (6.5,7,7.5;0.9,0.9)
Between Very Strongly and Extreme	8	(7,8,9;1,1) / (7.5,8,8.5;0.9,0.9)
Extremely More Important	9	(8,9,9;1,1) / (8.5,9,9;0.9,0.9)

2.3. Evaluation Criteria

The evaluation criteria used for R&D investment area selection in the defense industry were determined in line with the relevant literature review (Huang et al., 2008; Kıracı & Akan, 2020; Nebati et al., 2024).

K1 — Technological Maturity (TRL Level): The Technology Readiness Level (TRL), which expresses the technology's current readiness level, is a key indicator of whether an R&D investment can produce concrete output in the short term.

K2 — Strategic Priority (Needs Alignment): Measures the degree to which the technology area aligns with national defense needs and long-term strategic goals.

K3 — Payback Period (Speed of Commercial/Military Use): Refers to the time required for the R&D investment to be integrated into military systems and to create value in commercial markets.

K4 — Risk Level (Technical and Financial Risk): Encompasses the probability of technological failure and the uncertainty regarding the investment's financial return.

K5 — Human Resources (Existing Competency Infrastructure): Reflects the company's engineering accumulation and expert workforce in the relevant technology area.

K6 — Export Potential (Global Market Size): Refers to the marketability of the developed technology in international defense markets and the foreign exchange revenue it would generate.

2.4. Technology Alternatives

The five technology alternatives evaluated for R&D investment area selection in the defense industry were determined in line with current defense technology trends and the literature review (Aleksic & Tadic, 2023; Tesic et al., 2023):

A1 — Artificial Intelligence-Supported Autonomous Systems: AI-based systems that provide autonomous decision-making and target recognition capacity in unmanned platforms.

A2 — Electronic Warfare Systems: Electronic attack and protection systems aimed at neutralizing enemy radar, communication, and guidance systems.

A3 — Laser/Directed Energy Weapons: Systems aimed at neutralizing targets through high-energy laser systems.

A4 — Cyber Defense Technologies: Software and hardware solutions aimed at protecting critical infrastructures and military networks against cyber threats.

A5 — Hypersonic Systems: Guided weapons and platforms capable of maneuvering at speeds of Mach 5 and above.

2.5. Steps of the IT' Fuzzy AHP Method

The IT2 Fuzzy AHP procedure followed in this study is based on the framework proposed by Kahraman et al. (2014).

Step 1 — Construction of the decision hierarchy: The decision problem is organized into a hierarchical structure consisting of the goal, criteria, and alternatives (Saaty, 1980).

Step 2 — Construction of IT2 fuzzy pairwise comparison matrices: Experts evaluate the relative importance between criteria and alternatives using the linguistic scale in Table 1. When there are multiple decision-makers, their evaluations are aggregated using the arithmetic mean to obtain a group decision (Oztaysi, 2015):

$$\tilde{a}_{ij} = (1/k) \otimes (\tilde{a}_{ij}^1 \oplus \tilde{a}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_{ij}^k) \quad (4)$$

Step 3 — Calculation of IT2 fuzzy geometric means: The IT2 fuzzy geometric mean for each criterion is calculated by adapting Buckley's (1985) method to IT2 (Mendel & John, 2002):

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{(1/n)} \quad (5)$$

Step 4 — Normalization of IT2 fuzzy weights and defuzzification: The IT2 fuzzy weight vector is obtained by applying the normalization procedure (Kahraman et al., 2014):

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (6)$$

The Karnik-Mendel (KM) algorithm is used to convert the IT2 fuzzy weights into crisp numbers (Mendel, 2007).

Step 5 — Consistency check: The consistency ratio is calculated using the formula $CR = CI/RI$; satisfying the condition $CR < 0.10$ is required (Saaty, 1980).

2.6. Rationale for Method Selection

There are three main reasons for selecting the IT2 Fuzzy AHP method. First, decision-makers' opinions are inherently fuzzy and subjective in nature. Second, IT2 fuzzy sets represent second-order uncertainty better than Type-1 methods (Mendel & John, 2002). Third, recent studies examining Type-2 fuzzy MADM applications reveal that a research gap still exists in this field (Aleksic & Tadic, 2023).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Application Datasets

The findings presented in this section are based on a hypothetical numerical example constructed to demonstrate the computational steps of the proposed IT2 Fuzzy AHP framework. The pairwise comparison values were assigned by the author in light of the sector literature, consistent with the criterion and alternative profiles defined in Sections 3.3 and 3.4 (Huang et al., 2008; Kiraçlı & Akan, 2020; Nebati et al., 2024; Sanchez-Lozano et al., 2022). The pairwise comparison values were determined based on the literature findings regarding defense R&D prioritization (Huang et al., 2008; Kiraçlı & Akan, 2020) and the sector's generally accepted strategic priority

hierarchy. As the findings are methodological/illustrative in nature, they should not be generalized without validation using real field data.

3.2. Criteria Pairwise Comparison Matrix

The relative importance among the six evaluation criteria was determined using the Saaty (1980) scale and is presented in Table 2. Diagonal elements take the value 1.000, while lower-triangle elements are calculated as the reciprocal of the upper triangle.

Table 2. Criteria Pairwise Comparison Matrix (Decimal Values)

Criterion	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1.000	0.500	3.000	2.000	5.000	3.000
K2	2.000	1.000	5.000	3.000	7.000	4.000
K3	0.333	0.200	1.000	0.500	2.000	0.500
K4	0.500	0.333	2.000	1.000	4.000	2.000
K5	0.200	0.143	0.500	0.250	1.000	0.333
K6	0.333	0.250	2.000	0.500	3.000	1.000

Note: Values were assigned by the author in light of the sector literature. Lower triangle = 1 / upper triangle value.

3.3. Conversion to IT2 Fuzzy Numbers

The Saaty values in Table 2 were converted into IT2 triangular fuzzy numbers using the linguistic scale in Table 1 (Equation 3). Table 3 shows the IT2 fuzzy equivalent of the criteria comparison matrix in terms of UMF components. LMF values follow the same structure narrowed by $\pm 10\%$ with $H = 0.9$ (Kahraman et al., 2014).

Table 3. IT2 Fuzzy Criteria Comprasion Matrix – UMF Components (a_1^U , a_2^U , a_3^U)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	(1.000, 1.000, 1.000)	(0.333, 0.500, 1.000)	(2.000, 3.000, 4.000)	(1.000, 2.000, 3.000)	(4.000, 5.000, 6.000)	(2.000, 3.000, 4.000)
K2	(1.000, 2.000, 3.000)	(1.000, 1.000, 1.000)	(4.000, 5.000, 6.000)	(2.000, 3.000, 4.000)	(6.000, 7.000, 8.000)	(3.000, 4.000, 5.000)
K3	(0.250, 0.333, 0.500)	(0.167, 0.200, 0.250)	(1.000, 1.000, 1.000)	(0.333, 0.500, 1.000)	(1.000, 2.000, 3.000)	(0.333, 0.500, 1.000)
K4	(0.333, 0.500, 1.000)	(0.250, 0.333, 0.500)	(1.000, 2.000, 3.000)	(1.000, 1.000, 1.000)	(3.000, 4.000, 5.000)	(1.000, 2.000, 3.000)
K5	(0.167, 0.200, 0.250)	(0.125, 0.143, 0.167)	(0.333, 0.500, 1.000)	(0.200, 0.250, 0.333)	(1.000, 1.000, 1.000)	(0.250, 0.333, 0.500)
K6	(0.250, 0.333, 0.500)	(0.200, 0.250, 0.333)	(1.000, 2.000, 3.000)	(0.333, 0.500, 1.000)	(2.000, 3.000, 4.000)	(1.000, 1.000, 1.000)

Note: Diagonal = (1.000, 1.000, 1.000). LMF = UMF narrowed by $\pm 10\%$, $H = 0.9$ (Kahraman et al., 2014).

3.4. Sample Calculation: IT2 Geometric Mean for Criterion K2

To illustrate the operation of the method, the IT2 fuzzy geometric mean for the Strategic Priority (K2) criterion was calculated step by step. The UMF a_1 components of the K2 row are read from Table 3 as follows: K2–K1 = 1.000, K2–K2 = 1.000, K2–K3 = 4.000, K2–K4 = 2.000, K2–K5 = 6.000, K2–K6 = 3.000.

Step 1 — Geometric mean of UMF a_1^U :

$$\tilde{r}_2^U(a_1) = (1.000 \times 1.000 \times 4.000 \times 2.000 \times 6.000 \times 3.000)^{(1/6)} = (144)^{(1/6)} \approx 2.289$$

Step 2 — Geometric mean of UMF a_2^U :

$$\tilde{r}_2^U(a_2) = (2.000 \times 1.000 \times 5.000 \times 3.000 \times 7.000 \times 4.000)^{(1/6)} = (840)^{(1/6)} \approx 3.072$$

Step 3 — Geometric mean of UMF a_3^U :

$$\tilde{r}_2^U(a_3) = (3.000 \times 1.000 \times 6.000 \times 4.000 \times 8.000 \times 5.000)^{(1/6)} = (2880)^{(1/6)} \approx 3.772$$

Step 4 — LMF components: The same procedure is repeated with the LMF values ($H = 0.9$), yielding $\tilde{r}_2^L = (2.696, 3.072, 3.429)$.

The same procedure was applied to all criteria; the resulting IT2 fuzzy geometric means are summarized in Table 4.

Table 4. IT2 Fuzzy Geometric Means (ri)

Criterion	a_1^U	a_2^U	a_3^U	a_1^L	a_2^L	a_3^L
K1	1.322	1.886	2.696	1.602	1.886	2.197
K2	2.289	3.072	3.772	2.696	3.072	3.429
K3	0.408	0.567	0.849	0.490	0.567	0.713
K4	0.794	1.177	1.680	0.993	1.177	1.436
K5	0.265	0.326	0.437	0.296	0.326	0.383
K6	0.567	0.794	1.122	0.684	0.794	0.963

Note: Values were calculated using Equation (5). UMF: $H = 1$; LMF: $H = 0.9$ (Kahraman et al., 2014).

3.5. Creterion Matrix

The IT2 fuzzy geometric means in Table 4 were normalized using Equation (6); the crisp weights were then obtained through defuzzification using the Karnik-Mendel (KM) algorithm (Kahraman et al., 2014; Mendel, 2007). In the normalization step, IT2 fuzzy division is applied: for each criterion's UMF components, $\tilde{w}_i^U = (\tilde{r}_i^U(a_1)/\Sigma \tilde{r}_j^U(a_3), \tilde{r}_i^U(a_2)/\Sigma \tilde{r}_j^U(a_2), \tilde{r}_i^U(a_3)/\Sigma \tilde{r}_j^U(a_1))$, and $\tilde{w}_i^L$ is calculated analogously for the LMF. For the K2 (Strategic Priority) criterion, the normalized UMF weight is $\tilde{w}_2^U = (2.289/10.430, 3.072/7.822, 3.772/5.645) = (0.2195, 0.3927, 0.6682)$, and the LMF weight is $\tilde{w}_2^L = (2.696/9.121, 3.072/7.822, 3.429/6.761) = (0.2956, 0.3927, 0.5072)$. Defuzzification is performed using the KM centroid formula for triangular IT2 fuzzy numbers, $Mw = (1/2)[(\tilde{w}^U(a_1) + 4 \cdot \tilde{w}^U(a_2) + \tilde{w}^U(a_3))/6 + (\tilde{w}^L(a_1) + 4 \cdot \tilde{w}^L(a_2) + \tilde{w}^L(a_3))/6]$ (Kahraman et al., 2014). For K2: $Mw_2 = (1/2)[(0.2195 + 4 \cdot 0.3927 + 0.6682)/6 + (0.2956 + 4 \cdot 0.3927 + 0.5072)/6] \approx 0.389$; applying the same procedure to all criteria and normalizing their sum to 1 yields the weights presented in Table 5. Table 5 presents the defuzzified criterion weights and ranking.

Table 5. IT2 Fuzzy AHP Criterion Weight and Ranking

Rank	Criterion	Defuzzified Weight	Relative Share
1	K2 – Strategic Priority	0.383	38.3%
2	K1 – Technological Maturity	0.242	24.2%
3	K4 – Risk Level	0.153	15.3%
4	K6 - Export Potential	0.104	10.4%
5	K3 – Payback Period	0.076	7.6%
6	K5 – Human Resources	0.042	4.2%

$CR = 0.016 < 0.10$; the matrix is consistent (Saaty, 1980).

3.6. Local Weights of Alternatives and Final Ranking

The five technology alternatives (A1–A5) were separately subjected to pairwise comparison with respect to each criterion, resulting in a total of six 5×5 IT2 fuzzy comparison matrices. The same computational procedure was applied to each matrix to obtain local weights (Kahraman et al., 2014). Table 6 summarizes the local weights and consistency ratios.

Table 6. Local Weights of Alternatives with Respect to Criteria and Consistency Ratios

Alternatives	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0.207	0.241	0.205	0.198	0.191	0.398
A2	0.310	0.104	0.275	0.268	0.358	0.169
A3	0.102	0.160	0.090	0.091	0.112	0.122
A4	0.310	0.160	0.374	0.380	0.264	0.241
A5	0.070	0.334	0.056	0.064	0.074	0.069
CR	0.019	0.020	0.024	0.023	0.024	0.020

Note: All CR values are below the 0.10 threshold (Saaty, 1980).

The overall scores were calculated by combining the criterion weights and local weights using the weighted sum method (Kahraman et al., 2014; Saaty, 1980):

Table 7. Overall Scores and Final Ranking of Technology Alternatives

Rank	Technology Area	Overall Score
1	A4 – Cyber Defense Technologies	0.259
2	A1 – Artificial Intelligence Supported Autonomous Systems	0.238
3	A2 – Electronic Warfare Systems	0.210
4	A5 – Laser/Directed Energy Weapons	0.169
5	A3 – Hypersonics Systems	0.124

4.7. Sensitivity Analysis

Scenarios of $\pm 20\%$ were constructed for the K2 and K1 criteria, which have the highest weights; the changed weight was proportionally redistributed among the remaining criteria (Sanchez-Lozano et al., 2022). Table 8 shows that the ranking did not change under any scenario.

Table 8. Sensitivity Analysis Results

Scenario	New Weight	Ranking
K2 +20%	0.460	A4>A1>A2>A5>A3
K2 -20%	0.306	A4>A1>A2>A5>A3
K1 +20%	0.291	A4>A1>A2>A5>A3
K1 -20%	0.194	A4>A1>A2>A5>A3

The ranking remained unchanged under all scenarios. This finding confirms that identifying Cyber Defense Technologies (A4) as the priority investment area is robust against moderate fluctuations in the criterion weights.

4.8 Discussion

The criterion weights revealed that Strategic Priority (K2) and Technological Maturity (K1) together account for approximately 62% of the total weight. This finding is consistent with Sanchez-Lozano et al. (2022) and Tesic et al. (2023), who emphasize that alignment with national needs and technical feasibility play a determinant role in defense R&D decisions.

It is a notable finding that Hypersonic Systems (A5), which had the highest local weight under the Strategic Priority criterion, dropped to fourth place in the overall ranking. In contrast, Cyber Defense Technologies (A4), which exhibited consistent performance across multiple criteria, ranked first. This result supports the notion that balanced multi-criteria evaluation produces sounder decisions than single-dimension prioritization under limited

budget conditions (Huang et al., 2008), and confirms the capacity of IT2 fuzzy sets to render second-order uncertainty visible (Mendel & John, 2002).

The main limitation of this study is that the comparison data are based on hypothetical assignment rather than actual expert opinions. Future studies could extend this framework using real field data and a multi-participant group decision-making structure (Oztaysi, 2015), and could integrate IT2 Fuzzy AHP weights with ranking methods such as TOPSIS or CODAS (Nebati et al., 2024).

4. CONCLUSION

In this study, the Interval Type-2 Fuzzy AHP (IT2 Fuzzy AHP) method was applied to support the strategic decision of defense industry companies regarding which technology area to direct their limited R&D budgets toward. In the analysis conducted across six evaluation criteria and five technology alternatives, Strategic Priority (K2, weight: 38.3%) and Technological Maturity (K1, weight: 24.2%) were found to be the two most determinant dimensions. In the final ranking, Cyber Defense Technologies (A4, score: 0.259) ranked first, followed by Artificial Intelligence-Supported Autonomous Systems (A1, 0.238) and Electronic Warfare Systems (A2, 0.210). Sensitivity analysis confirmed that this ranking was preserved against $\pm 20\%$ changes in the weights of the two most influential criteria and that the model is robust.

The study makes three main contributions to the literature. First, it represents — to the best of the author's knowledge — the first systematic application of the IT2 Fuzzy AHP method to R&D investment area selection in the defense industry. Second, it demonstrates that IT2 fuzzy sets, which model second-order uncertainty, can represent the linguistic and subjective decision-making environment specific to the defense sector more realistically than Type-1 methods. Third, it proposes a six-dimensional criterion framework that serves as an adaptable template for different defense contexts.

The main limitation of the study is that the pairwise comparison data were not collected from actual defense sector experts but are based on a hypothetical numerical example; therefore, the resulting ranking should not directly serve as a basis for a managerial decision. Three recommendations are offered for future research: (i) empirical validation of the proposed framework using real expert data; (ii) development of a hybrid model by integrating IT2 Fuzzy AHP criterion weights with ranking methods such as TOPSIS, CODAS, or MAIRCA (Nebati et al., 2024; Tesic et al., 2023); and (iii) extending the model to a group decision-making structure involving multiple decision-makers to examine the effect of inter-expert disagreements on the results (Oztaysi, 2015).

REFERENCES

- Aleksic, A., & Tadic, D. (2023). Industrial and management applications of Type-2 multi-attribute decision-making techniques extended with Type-2 fuzzy sets from 2013 to 2022. *Mathematics*, 11(10), Article 2249. <https://doi.org/10.3390/math11102249>
- Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), B141–B164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233–247. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)
- Cevik Onar, S., Oztaysi, B., & Kahraman, C. (2014). Strategic decision selection using hesitant fuzzy TOPSIS and interval type-2 fuzzy AHP. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7(5), 1002–1021. <https://doi.org/10.1080/18756891.2014.964011>
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
- Huang, C. C., Chu, P. Y., & Chiang, Y. H. (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *Omega*, 36(6), 1038–1052. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.003>
- Kahraman, C., Onar, S. C., & Oztaysi, B. (2015). Fuzzy multicriteria decision-making: A literature review. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(4), 637–666. <https://doi.org/10.1080/18756891.2015.1046325>
- Kahraman, C., Öztaysi, B., Uçal Sari, I., & Turanoglu, E. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 59, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.02.001>
- Kıraç, K., & Akan, E. (2020). Aircraft selection by applying AHP and TOPSIS in interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Air Transport Management*, 89, Article 101924. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101924>
- Mendel, J. M. (2007). Advances in type-2 fuzzy sets and systems. *Information Sciences*, 177(1), 84–110. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2006.05.003>
- Mendel, J. M., & John, R. I. (2002). Type-2 fuzzy sets made simple. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 10(2), 117–127. <https://doi.org/10.1109/91.995115>
- Mendel, J. M., John, R. I., & Liu, F. (2006). Interval type-2 fuzzy logical systems made simple. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 14(6), 808–821. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2006.879986>
- Nebati, E. E., Ayvaz, B., & Kusakci, A. O. (2024). ERP system evaluation in the defense industry: A hybridized spherical fuzzy AHP-CODAS approach. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 23(5), 1935–1976. <https://doi.org/10.1142/S0219622023500633>
- Oztaysi, B. (2015). A group decision making approach using interval type-2 fuzzy AHP for enterprise information systems project selection. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 24(5–6), 475–500.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Sanchez-Lozano, J. M., Correa-Rubio, J. C., & Fernández-Martínez, M. (2022). A double fuzzy multi-criteria analysis to evaluate international high-performance aircrafts for defense purposes. *Engineering*

Applications of Artificial Intelligence, 115, Article 105339.
<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105339>

- Tesic, D., Božanić, D., Stojković, D., Puška, A., & Stojanović, I. (2023). DIBR-DOMBI-fuzzy MAIRCA model for strategy selection in the system of defense. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2023, Article 4961972. <https://doi.org/10.1155/2023/4961972>
- van Laarhoven, P. J. M., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1–3), 229–241. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(83\)80082-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(83)80082-7)
- Vesic Vasovic, J., Puzovic, S., & Paunovic, V. (2023). Selection of partners in collaborative technological R&D projects: An approach to criteria prioritization. In N. F. Matsatsinis, F. C. Kitsios, M. A. Madas, & M. I. Kamariotou (Eds.), *Springer proceedings in business and economics: Operational research in the era of digital transformation and business analytics* (pp. 77–87). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24294-6_8
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, 8(3), 199–249. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)

İSHAL SAĞALTIMI UYGULANAN BİR SIĞIR İŞLETMESİNDE ZOONOTİK KARAKTERDEKİ STEC, EPEC VE EHEC *ESCHERİCHIA COLI* SUŞLARININ SAÇILIMI, ANTİBİYOTİK DİRENÇ PROFİLLERİ, KLONAL YAKINLIKLARI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Reha COŞKUN1/ Doktora Öğrencisi Yunus Emre ŞAHİN2

1Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, mustafareha89@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1441-3995>

2Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Mikrobiyoloji Doktora Öğrencisi, yunusemresahin32@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5186-6026>

Özet

İshal sağaltımı uygulanan ve %53.3 (8/15) mortalite geçmişi olan, buzağı ve yetişkinlerin kapalı ahırda bir arada bulunduğu bir sığır işletmesinde gerçekleştirilen bu çalışmada, ishal tedavisi görüp iyileşmiş buzağılar ile analarının dışkı örneklerinden izole edilen *Escherichia coli* suşlarının zoonotik risk taşıyan Shigatoksijenik *E. coli* (STEC), Enteropatojenik *E. coli* (EPEC) ve Enterohemorajik *E. coli* (EHEC) patotiplerinin belirlenmesi ve bu suşların antibiyotik direnç durumları ve klonal yakınlıkları araştırılmıştır. Ön zenginleştirme kültüründen virulens genlerin belirlenmesi ile MacConkey agarda izole edilen 3 adet *E. coli* şüpheli örneklerde virulens gen varlığını belirlemek için tek koloniden PCR yapılarak virulens gen taşıyan suşlar belirlenmiştir. Bu izolatların klonal yakınlığını belirlemek amacıyla ERIC-PCR yöntemleriyle analiz edilmiştir. PCR sonucunda virulens gen taşıyan suşların antibiyotik duyarlılıkları disk difüzyon yöntemiyle belirlenmiştir. Moleküler analizlerde, sağaltım görmüş ve iyileşmiş 1 nolu buzağıda miks virulans profili (2 koloni *stx2+eae*, 1 koloni *eae*), anasında (2 nolu) ise 2 kolonide *eae* geni saptanmıştır. Sağlıklı 7 nolu buzağıda 1 kolonide *stx2+eae*, anasında (8 nolu) ise tüm kolonilerde *stx2* geni belirlenmiştir. Diğer sağlıklı erişkinlerden 4 nolu hayvanda 2 adet *stx1* ve *stx2*; 6 nolu hayvanda *stx2* genleri saptanmıştır. Antibiyogram testlerinde tobramisin ve cefotaksim direnci gözlenmezken; tedavi görmüş 1 ve 7 nolu buzağılarda amoksisilin-klavulanik asit, kloramfenikol, Trimetoprim-sülfomethoksone (STX), siprofloksasin ve tetrasiklin direnci gözlenmiştir; 4 hayvanda amoksisilin-klavulanik asit (AMC) direnci belirlenmiştir. Ayrıca 6 nolu hayvanda AMC, kloramfenikol ve SXT direnci ile çoklu ilaç dirençliliği (MDR) saptanmıştır. ERIC-PCR analizi sonucunda, sürü içinde iki dominant klonun sirküle olduğu; 1 ve 8 nolu suşlar ile 2 ve 6 nolu suşların tamamen aynı klonal profili gösterdiği moleküler olarak kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, klinik iyileşme sonrasında yoğun antibiyotik baskısı altındaki işletmelerde sağlıklı erişkin sığırların ve anaların gıda zehirlenmesi ile Hemolitik Üremik Sendrom riski taşıyan zoonotik ve MDR nitelikteki STEC/EHEC klonları için gizli birer rezervuar olduğu, enfeksiyon döngüsünün kırılması için Tek Sağlık yaklaşımıyla biyogüvenlik önlemlerine odaklanılması gerektiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Buzağı İshali, Zoonotik *E. coli*, Antibiyotik Direnci, MDR, ERIC-PCR,

SHEDDING, ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES, AND CLONAL RELATIONSHIPS OF ZOONOTIC STEC, EPEC, AND EHEC *ESCHERICHIA COLI* STRAINS IN A CATTLE HERD UNDERGOING DIARRHEA TREATMENT

Assist. Prof. Mustafa Reha COŞKUN¹, PhD Student Yunus Emre ŞAHİN²

**1 Kafkas University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Microbiology,
mustafareha89@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1441-3995>**

**2 Kafkas University, Institute of Health Sciences, PhD Student in Veterinary Microbiology,
yunusemresahin32@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5186-6026>**

Abstract

In this study, conducted within a confined cattle barn with a mortality rate of 53.3% (8 out of 15) and intensive antibiotic treatments, fecal *Escherichia coli* strains from recovered calves and their dams were examined to identify zoonotic STEC, EPEC, and EHEC pathotypes, as well as antibiotic resistance and clonal relationships. Virulence gene detection was performed on pre-enrichment cultures, followed by single-colony PCR on three suspect colonies isolated on MacConkey agar. ERIC-PCR and disk diffusion methods were employed to assess clonal relationships and antibiotic susceptibilities of virulence-positive strains, respectively. Recovered calf No. 1 exhibited a mixed profile (two colonies *stx2+eae*, one *eae*), while its dam (No. 2) carried *eae* in two colonies. Healthy calf No. 7 carried *stx2+eae* in one colony, and its dam (No. 8) possessed *stx2* in all colonies. Asymptomatic adult No. 4 carried two isolates with *stx1* and *stx2*, and No. 6 harbored *stx2*. No resistance was detected against tobramycin and cefotaxime. However, treated calves No. 1 and 7 showed resistance to amoxicillin-clavulanic acid (AMC), chloramphenicol, trimethoprim-sulfamethoxazole (SXT), ciprofloxacin, and tetracycline. AMC resistance was observed in animal No. 4, while animal No. 6 exhibited multi-drug resistance (MDR) against AMC, chloramphenicol, and SXT. ERIC-PCR molecularly confirmed two dominant circulating clones, revealing identical profiles between strains 1-8 and 2-6. Consequently, under significant antibiotic pressure post-clinical recovery, healthy adults and dams act as covert reservoirs for zoonotic, MDR-STEC/EHEC clones, posing a risk of human foodborne illness and Hemolytic Uremic Syndrome. Interrupting this transmission cycle necessitates biosecurity interventions under a One Health approach.

Keywords: Calf Diarrhea, Zoonotic *E. coli*, Antibiotic Resistance, MDR, ERIC-PCR

GİRİŞ

Neonatal buzağı ishalleri, tüm dünyada hayvancılık sektörünün karşı karşıya kaldığı en ciddi ekonomik ve klinik problemlerden biridir (Coşkun & Şahin, 2023). İşletmelerde yüksek morbidite ve mortalite oranlarına yol açan bu enfeksiyonlar; tedavi maliyetleri, büyüme geriliği ve ani hayvan kayıpları nedeniyle sürdürülebilir hayvancılığı doğrudan tehdit etmektedir. Nitekim sahada karşılaşılan bazı akut salgınlarda buzağı ölüm oranları yüksek seviyelere ulaşabilmesi, problemin ciddiyetini gözler önüne sermektedir. Yüksek ölüm oranları nedeniyle hayvancılık sektöründe yüksek ve ampirik antibiyotik uygulaması gerçekleştirilmektedir. Ancak *Escherichia coli* sahip olduğu genetik plastiklik nedeniyle horizontal gen transferleri ile yüksek oranda direnç ve virulens faktörleri kazanabilmekte buda halk sağlığını tehdit eden dirençli ve zoonotik suşların çıkmasına neden olmaktadır (Siddique vd., 2025).

İnsan sağlığı açısından bakıldığında, sığırların Shiga Toksijenik *E. coli* (STEC), Enteropatojenik *E. coli* (EPEC) ve bunların birleşimi olan Enterohemorojik *E. coli* (EHEC) patotipler için en önemli doğal rezervuar olduğunu göstermektedir (Menge, 2020). Sığırların vasküler endotel hücrelerinde Şiga toksinin bağlandığı Gb3 reseptörlerinin bulunmaması, bu hayvanların yüksek düzeyde toksin üreten suşları bile herhangi bir klinik semptom göstermeden bağırsaklarında taşıyabilmektedir (Menge, 2020). Bu durum, sığır işletmelerini insan sağlığı açısından potansiyel birer Shiga toksin kaynağı ve "Tek Sağlık" (One Health) yaklaşımının en kritik halkalarından biri haline getirmektedir.

Sahada ishal vakalarının kontrol altına alınması amacıyla ampirik ve kontrolsüz şekilde uygulanan yoğun antibiyotik sağaltımları, mikrobiyota üzerinde çok ciddi bir seçim baskısı (selective pressure) oluşturmaktadır (Pires vd., 2024). Bu baskı, sadece dirençli suşların sürü içinde stabilize olmasına yol açmamakta, aynı zamanda bakterilerde SOS yanıtını tetikleyerek bakteriyofajlar ve transpozonlar aracılığıyla virülans ve direnç genlerinin horizontal transferini hızlandırmaktadır (Beaber vd., 2004). Sonuç olarak, aynı işletme içinde klonal olarak tamamen aynı olan bakteriyel hatlar, maruz kaldıkları antibiyotik baskısına bağlı olarak hızla Çoklu İlaç Dirençli (MDR) ve virülant patotiplere evrilebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, akut ishal ve yüksek mortalite öyküsü bulunan bir sığır işletmesindeki buzağılar, anaları ve sağlıklı ergin sığırlardan izole edilen *E. coli* STEC, EPEC ve EHEC suşlarının patotip dağılımlarını, antibiyotik direnç profillerini belirlemek ve Enterobakteriyel Tekrarlayan İnterjenik Konsensüs (ERIC-PCR) yöntemiyle sürü içi klonal yayılım dinamiklerini ortaya koymaktır. Çalışmanın özgün değeri; klinik olarak iyileşmiş buzağılar ile sağlıklı yetişkinlerin taşıdığı suşlar arasındaki moleküler ve fenotipik köprüleri açığa çıkararak, ampirik antibiyotik kullanımının sürü içi direnç evrimi üzerindeki doğrudan etkisini moleküler parmak izi düzeyinde kanıtlamasından kaynaklanmaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Sığırların Shiga Toksijenik (STEC) Epidemiyolojisindeki Rezervuar Rolü

STEC suşları, insanlarda hemorajik kolit (HK) ve ölümcül seyredabilen Hemolitik Üremik Sendrom (HÜS) gibi ciddi sistemik klinik tablolara neden olan zoonotik patojenlerdir. Sığırlar, bu patojenlerin doğadaki en birincil rezervuarı olarak kabul edilmektedir (Smith vd., 2014). STEC suşlarının patojenitesinde anahtar rol oynayan Shiga toksinleri (stx1 ve stx2), konak hücre protein sentezini geri dönüşümsüz olarak bloke eden AB5 yapısında sitotoksinlerdir. Sığırların sindirim kanalında bu toksinlerin bağlanabileceği Gb3 reseptörlerinin olmaması, bu hayvanların patojeni kolonize etmelerine rağmen klinik olarak sağlıklı kalmalarını sağlamaktadır (Menge, 2020). Bu durum, subklinik saçılım etkenin süt, et ve dışkı ile çevreye yayılmasına ve gıda zinciri üzerinden insanlara ulaşmasına neden olan sessiz bir epidemiyolojik döngü yaratmaktadır.

1.2. İntimin (eae) Geni ve Attaching-Effacing (A/E) Lezyon Mekanizması

STEC ve EPEC suşlarının bağırsak mukozasına kolonizasyonunda ve patogeneğinde en önemli virülans markerlarından biri intimin proteinini kodlayan *eae* genidir. İntimin, bakterinin enterosit membranına sıkıca tutunmasını sağlayarak mikrovillusların kaybına ve "attaching and effacing" (yapışma ve silinme) olarak adlandırılan karakteristik histopatolojik lezyonların şekillenmesine yol açmaktadır (Moxley & Smith, 2010).

1.3. Antibiyotik Seçilim Baskısı ve Çoklu İlaç Direnci (MDR) Evrimi

Veteriner hekimlikte, özellikle buzağı ishallerinde etken tespit edilmeden yapılan geniş spektrumlu ampirik antibiyotik uygulamaları, direnç genlerinin popülasyon içinde hızla seçilmesine yol açmaktadır. Uluslararası kriterlere göre üç veya daha fazla antibiyotik sınıfına karşı dirençlilik olarak tanımlanan Çoklu İlaç Direnci (MDR), plazmitler, integronlar ve transpozonlar gibi mobil genetik elementler aracılığıyla sürü içinde yatay olarak yayılmaktadır. Yoğun ilaç baskısı altındaki genç hayvanların bağırsak ekosistemi, direnç plazmitlerinin transferi ve bakteriyel evrim için adeta birer "sıcak nokta" işlevi görmektedir.

1.4. ERIC-PCR Teknolojisi ile Sürü İçi Klonal Takip ve Genetik Mobilizasyon

Bakteriyel genomda yaygın olarak bulunan kısa, tekrarlayan interjenik dizilerin amplifikasyonuna dayanan ERIC-PCR, yüksek ayırt etme gücü sayesinde bakteriyel epidemiyolojide ve sürü içi klonal hatların takibinde standart yöntemlerden biridir (Versalovic vd., 1991). Bilgisayar destekli jel analiz yazılımları (GelJ vb.) ile oluşturulan dendrogramlar, suşlar arasındaki filogenetik yakınlığı kantitatif olarak ortaya koymaktadır (Heras vd., 2015). ERIC-PCR analizi, sürü içinde tamamen aynı genetik parmak izine sahip izolatların, farklı antibiyogram fenotipleri veya virülans kombinasyonları göstermesini (gen kazanımı/kaybı) ortaya çıkararak, çevre ve tedavi baskısı altında şekillenen anlık mikro-evrimsel değişimleri izlememize olanak tanımaktadır.

2. YÖNTEM

2.1 Örneklem, Bakteriyel İzolasyon, Ön Zenginleştirme ve Tarama Stratejisi

Çalışmanın örneklemine, akut neonatal buzağı ishali salgını ve buna bağlı yüksek mortalite öyküsü bulunan, kapalı sistem faaliyet gösteren ticari bir sığır işletmesinden toplam 15 sığır oluşturmıştır. Sürü içi klonal yayılım, patotip çeşitliliği ve antimikrobiyal direnci düzeyde izlemek amacıyla örneklem grubu yaklaşık 1 aylık yaşta olan, yakın zamanda şiddetli ishal semptomları gösteren, sahada yoğun ampirik antibiyotik tedavisi uygulanmış ve klinik olarak tamamen iyileşmiş hayvanlar (n=9), ve ishal geçmişi olan buzağuların anaları ve ortak çevre koşullarında barındırılan, klinik olarak sağlıklı görünen yetişkin sığırlar seçilmiştir (n=6). Belirlenen toplam 15 hayvandan dışkı örnekleri, steril svap rektal sürüntü ile alınmıştır. Toplanan dışkı örnekleri, soğuk zincir altında mufaza edilerek hızla laboratuvara ulaştırılmıştır. Çalışmada, patojen *Escherichia coli* suşlarının izolasyonu için ve moleküler tespiti amacıyla iki aşamalı bir izolasyon ve tarama gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, işletmeden toplanan dışkı örneklerinde stres altındaki bakterileri canlandırmak amacıyla seçici olmayan bir ön zenginleştirme aşamasına tabi tutulmuştur. Bu amaçla örnekler Tryptic Soy Broth (TSB) besiyerinde 37°C'de 18–24 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından, zenginleştirilmiş sıvı kültürlerden doğrudan bir moleküler tarama analizi gerçekleştirilmiştir. Toplam genomik DNA ekstraksiyonu için kaynatma yöntemi kullanılmıştır. Kısaca; zenginleştirilmiş kültürden 1 mL alınarak santrifüj edilmiş, elde edilen pelet steril distile su içinde süspanse edilmiş ve bakteriyel lizisi sağlamak amacıyla 99°C'de 10 dakika boyunca ısıtılmıştır (Franck vd., 1998). Ardından 8000 rpm hızında 3 dakika santifüj edilerek süpernatant DNA kaynağı olarak kullanılmıştır. Ön tarama aşamasında hedef virülans genleri (*stx1*, *stx2* ve *eae*) en az birine karşı pozitif sinyal veren örneklerin zenginleştirme brotları, katı besiyerine pasajlanmıştır. Pozitif saptanan örneklerle ait sıvı kültürler MacConkey Agar plaklarına ekilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübe edilmiş, tipik *E. coli* morfolojisi gösteren (pembe renkli, laktoz pozitif) kolonilerden her bir besiyerinden rastgele 3 adet koloni seçilmiştir. Seçilen bu koloniler, saf kültür elde etmek amacıyla Tryptic Soy Agar (TSA) besiyerine ayrı ayrı pasajlanmıştır. Saf pasajlardan elde edilen tekil

izolatlar, aynı kaynatma DNA ekstraksiyon protokolü ile ayrı ayrı ekstrakte edilerek bireysel multiplex PCR doğrulamasına tabi tutulmuştur.

2.2 Virülans Genlerinin Moleküler Yöntemle Tespiti

İzolatların genotipik virülans profilleri; Shiga toksin 1 (*stx1*), Shiga toksin 2 (*stx2*) ve intimin (*eae*) genlerini hedefleyen multiplex polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yöntemi ile karakterize edilmiştir. PCR primeri dizileri, amplifikasyon reaksiyon karışımı içerikleri ve termal döngü parametreleri Franck vd. (1998) tarafından tanımlanan standart protokole göre yürütülmüştür. Elde edilen amplifikasyon ürünleri, %1.5'lik (w/v) agaroz jelde elektroforez yöntemiyle koşturulmuş, ultraviyole (UV) transillüminatör altında görüntülenmiş ve hedef amplicoların spesifik baz çifti (bp) büyüklüklerine göre değerlendirilmiştir.

2.3 Antibiyotik Duyarlılık Testi

İzolatların antibiyotik duyarlılık profilleri Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir ve EUCAST standartlarına göre değerlendirilmiştir (Guidelines for Adherent Disc Diffusion Testing, 2026). Saf kültürlerden elde edilen bakteri süspansiyonları, steril fizyolojik tuzlu su içerisinde 0.5 McFarland bulanıklık standardına ayarlanmıştır. Hazırlanan inokulumlar Mueller-Hinton Agar (MHA) besiyeri yüzeyine homojen bir şekilde yayılmıştır. Ekim işleminin ardından besiyeri yüzeyine şu antibiyotik diskleri yerleştirilmiştir: sefotaksim (CTX, 5µg), tobramisin (TOB, 10 µg), amoksisilin-klavulanik asit (AMC, 20 µg), trimetoprim-sulfametoksazol (SXT, 1.25-23.75 µg), siprofloksasin (CIP, 5 µg), tetrasiklin (TE, 30 µg) ve kloramfenikol (C, 30 µg). Plaklar 35°C sıcaklıkta 18 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda oluşan inhibisyon zon çapları kumpas yardımıyla olarak ölçülmüş ve EUCAST klinik direnç sınır değerleri referans alınarak izolatlar "Duyarlı (S)", "Orta Duyarlı (I)" veya "Dirençli (R)" olarak sınıflandırılmıştır. Üç veya daha fazla farklı antibiyotik sınıfına karşı direnç gösteren izolatlar Çoklu İlaç Dirençli (MDR - Multi-Drug Resistant) olarak tanımlanmıştır (Magiorakos vd., 2012).

2.4 Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus PCR (ERIC-PCR)

Zoonotik suşların sürü içi klonal ilişkilerini belirlemek ve işletmedeki yayılım dinamiklerini takip etmek amacıyla genomik parmak izi analizi olarak ERIC-PCR yöntemi uygulanmıştır. Bakteri genomu boyunca dağılmış halde bulunan kısa tekrarlayıcı interjenik konsensus dizileri, Versalovic ve ark. (1991) [2] tarafından geliştirilen metodolojiye dayanarak ERIC-1R (5'-ATGTAAGCTCCTGGGGATTAC-3') ve ERIC-2 (5'-AAGTAAGTGACTGGGGGTGAGC-3') spesifik primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır (Versalovic vd., 1991). Elde edilen PCR ürünleri, optimum bant çözünürlüğü ve netliği sağlamak amacıyla %1,5'lik (w/v) agaroz jelde elektroforez işlemine tabi tutulmuştur.

ERIC-PCR Jel Analizi ve Filogenetik Dendrogram Analizi

ERIC-PCR agaroz jellerinin yüksek çözünürlüklü dijital görüntüleri, GelJ yazılımı (v2.0) kullanılarak bilgisayar ortamında analiz edilmiştir (Heras vd., 2015). *E. coli* izolatları arasındaki genetik benzerlik matrisleri, %1.0 optimizasyon ve %1.0 pozisyon toleransı değerleri kullanılarak Dice benzerlik katsayısı (Dice similarity coefficient) ile hesaplanmıştır. Sürünün klonal mimarisini gösteren filogenetik ağaç (dendrogram), aritmetik ortalamalı ağırlıksız eşleştirme yöntemi olan UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) kümeleme algoritması kullanılarak oluşturulmuştur (Heras vd., 2015). Benzerlik katsayısı %80 ve üzerinde olan izolatlar, aynı klonal hat (lineage) içerisinde sınıflandırılmıştır (Demiroglu vd., 2024).

3. BULGULAR

3.1 Bakteriyel İzolasyon ve Patotip Dağılımları

İşletmeden toplanan dışkı örneklerinin ön zenginleştirme brothlarından gerçekleştirilen multiplex PCR ön taraması sonucunda, virülans genleri (stx1, stx2, eae) yönünden en az bir gen pozitif olan örnekler belirlenmiştir. İzole edilen örneklerde ki virülans gen dağılımları ve bu verilere göre tanımlanan patotipler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: İzolatların Yaş Gruplarına Göre Dağılımı ve Multiplex PCR Virülans Genotipleri

Suş No	Hayvan Yaşı	Virülans Gen
1	1 aylık (İshal Öykülü/İyileşmiş)	Stx2, eae
2	yetişkin (1'in anası)	eae
4	yetişkin	Stx2
6	yetişkin	Stx2
7	1 aylık (İshal Öykülü/İyileşmiş)	Stx2, eae
8	yetişkin (7'nin anası)	Stx2
12	yetişkin	eae

İshal geçmişi olan ve tedavi görüp iyileşen 1 ve 7 nolu buzağıda, Shiga toksin 2 (stx2) ve intimin (eae) genlerinin birlikte bulunduğu (stx2+/eae+) yüksek riskli Enterohemorajik *Escherichia coli* (EHEC) patotipi saptanmıştır. Yetişkin Popülasyonu ve Analar (No 2, No 4, No 6, No 8 ve No 12): Yetişkin sığırlarda tekil gen taşıyıcılığı dominant bulunmuştur. Klinik olarak tamamen sağlıklı olan bu hayvanlarda etkenler ya sadece stx2 taşıyan Shiga toksin üreten *E. coli* (STEC) ya da sadece eae taşıyan atypical Enteropatojenik *E. coli* (EPEC) olarak sınıflandırılmıştır.

3.2 Antibiyotik Duyarlılık ve Çoklu İlaç Direnci (MDR) Profilleri

İzolatların Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemiyle belirlenmiş antibiyotik duyarlılık fenotipleri (Direnci: R, Orta Duyarlı: I, Duyarlı: S) EUCAST kriterlerine göre değerlendirilerek Tablo 2'de detaylandırılmıştır.

Tablo 2: Sığır İzolatlarının Antibiyotik Duyarlılık Fenotipleri ve MDR Durumları

Suş No/Antibiyotik	CAZ	CIP	TE	AMC	TOB	C	STX
1	S	R	R	R	S	R	R
2	S	S	S	I	S	S	S
4	S	S	S	R	S	S	S
6	S	S	S	R	S	R	R
7	S	R	R	R	S	R	R
8	S	S	S	I	S	S	S
12	S	S	S	I	S	S	S

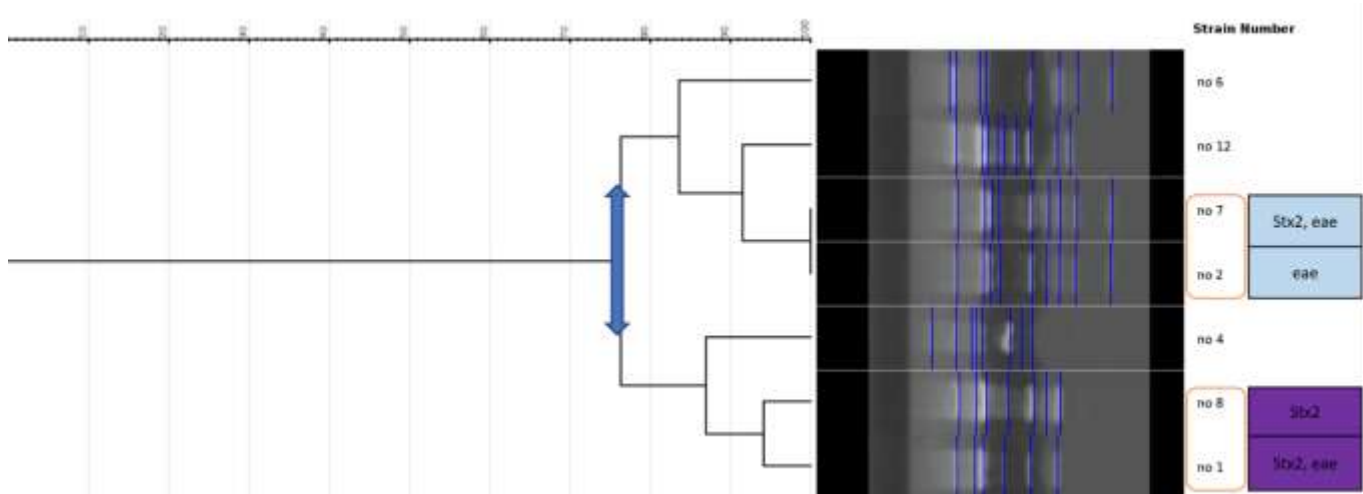
(Not: CAZ: Seftazidim, CIP: Siprofloksasin, TE: Tetrasiklin, AMC: Amoksisilin-Klavulanik Asit, TOB: Tobramisin, C: Kloramfenikol, SXT: Trimetoprim-Sulfametoksazol. R: Dirençli, I: Orta Duyarlı, S: Duyarlı)

Elde edilen fenotipik direnç verilerine göre, ishal geçmişi olan ve sahada ampirik antibiyotik tedavisine maruz kalan 1 ve 7 nolu buzağların izolatları; florokinolonlar (CIP), tetrasiklinler (TE), beta-laktamaz inhibitörlü penisilinler (AMC), fenikoller (C) ve sülfonamidler (SXT) olmak üzere 5 farklı antibiyotik sınıfına karşı direnç (R) göstererek Çoklu İlaç Dirençli (MDR) karakter sergilemiştir. Sağlıklı yetişkin sığırlar ve analar (2, 8 ve 12nolu izolatlar) amoksisilin-klavulanik aside karşı orta duyarlılık (I) gösterirken, diğer tüm antibiyotiklere duyarlı (S) bulunmuştur. Yetişkin popülasyonu içinde sadece 6 nolu hayvan MDR profili (AMC-C-SXT) saptanmıştır.

3.3 ERIC-PCR ile Sürü İçi Moleküler Epidemiyoloji ve Klonal İlişkiler

MDR karakterli zoonotik E. coli izolatlarının sürü içi yayılımını ve genomik benzerliklerini belirlemek amacıyla yapılan ERIC-PCR analizi ve GelJ bilgisayar destekli dendrogram tasarımı Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1: İzolatların ERIC-PCR bant profillerine dayalı UPGMA dendrogram analizi, mavi ok ana kümeleri (iki farklı klonal çeşitliliği) %80 sınırında ayırmakta; renkli kutucuklar ise %100 klonal kopyalar arasındaki virülans gen çeşitliliğini göstermektedir.



Dendrogram, virülans genotipleri ve fenotipik direnç verileri birleştirildiğinde son derece çarpıcı iki epidemiyolojik evrim kanıtı saptanmıştır. 7 nolu buzağı izolatu ile 2 nolu ergin sığır izolatu'nun genomik parmak izleri %100 oranında identiktir (Şekil 1, mavi kutu). Bu genomik özdeşliğe rağmen, 2 nolu ergin sığır suşu sadece eae geni taşımakta ve antibiyotiklere karşı duyarlılık gösterirken (2 nolu ergin AMC hariç duyarlıdır, AMC: I); onunla birebir aynı klon olan 7 nolu buzağı suşu ek olarak stx2 geni kazanarak yüksek riskli bir EHEC suşuna dönüşmüş ve 5 antibiyotik sınıfına direnç göstererek, MDR direnci geliştirmiştir. Benzer şekilde, 1nolu buzağı izolatu ile 8 nolu ergin sığır suşu'nun genomik parmak izleri %95 identik klonlardır (Şekil 1, mor kutulama). Bu eşleşmede de 8 nolu ergin sığır suşu sadece stx2 geni taşımakta ve amoksisilin-klavulanik aside karşı hafif derecede orta duyarlılık (AMC: I) hariç duyarlı karakter sergilerken; yüksek benzer klonal kopya olan 1 nolu buzağı suşu ek olarak eae geni kazanarak stx2+/eae+ pozitif patojene dönüşmüş ve yine aynı 5 sınıfa karşı dirençli olarak MDR direncini kazanmıştır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, neonatal buzağı ishalleri ve ölümlerinin yoğun yaşandığı ve yoğun antibiyotik uygulamasının yapıldığı bir sığır işletmesinde sirküle olan *Escherichia coli* suşlarının moleküler epidemiyolojisi ve direnç dinamikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, işletme içindeki patojen hareketliliğinin sadece basit bir bulaşma değil, aynı zamanda konak içinde hızlı bir genetik evrim süreci olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmanın en dikkat çekici bulgusu, ERIC-PCR analizi ile %100\$ ve %95 klonal özdeşliğe sahip olduğu belirlenen suşların (1-8 ve 2-7 nolu izolatlar), virülans genotipleri ve antibiyotik direnç fenotipleri açısından sergilediği farklılıktır. 8 nolu ergin hayvandan (rezervuar) izole edilen suş sadece stx 2 geni taşıırken ve antibiyotiklere duyarlı bir karakter sergilerken; onunla aynı klon olan 1 nolu buzağı izolatu'nun eae geni kazanarak EHEC patotipine dönüştüğü ve 5 farklı antibiyotik sınıfına (CIP, TE, AMC, C, SXT) karşı direnç geliştirdiği saptanmıştır. Benzer bir durum 2 nolu ana (eae+/Duyarlı) ve 7 nolu (stx 2+/eae+/MDR) arasında da gözlenmiştir. Bu fenomen, mikrobiyolojide "Seçilim Baskısı" (Selective Pressure) olarak tanımlanan sürecin sahada ne kadar hızlı işlediğini kanıtlamaktadır. Buzağılara uygulanan yoğun ve ampirik antibiyotik tedavileri, bağırsak florasında hayatta kalma mücadelesi veren bakterilerde SOS yanıtını tetiklemiş görünmektedir (Beaber vd., 2004). Bu stres yanıtı; bakteriyofajlar, plazmitler ve transpozonlar aracılığıyla virülans kasetlerinin ve direnç genlerinin yatay transferini (horizontal gene transfer) dramatik bir hızla artırmıştır. Sonuç olarak, yetişkinlerde nispeten zararsız (asemptomatik) bir rezervuar halinde bulunan bakteriler, buzağı bağırsaklarında "patojen" karakterine bürünmüştür. Sığırlarda Shiga toksin reseptörü olan Gb3 reseptörlerinin bulunmaması, yetişkin hayvanların bu tehlikeli suşları klinik belirti göstermeden taşımasına imkân tanımaktadır. Bu durum, işletme içi biyogüvenlik önlemleri yetersiz olduğunda ve yoğun antibiyotik kullanım sonucunda önemli zoonozların meydana gelmesine sebep olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, buzağılarda saptanan siprofloksasin (flurokinolon) direnci, insan hekimliğinde en kritik tedavi seçeneklerinden birinin hayvancılık kökenli bu dirençli suşlar nedeniyle risk altında olduğunu kanıtlaması bakımından "Tek Sağlık" (One Health) vizyonu için alarm verici bir bulgudur (Organization, 2019).

KAYNAKLAR

- Beaber, J. W., Hochhut, B., & Waldor, M. K. (2004). SOS response promotes horizontal dissemination of antibiotic resistance genes. *Nature*, 427(6969), 72-74. <https://doi.org/10.1038/nature02241>
- Coşkun, M. R., & Şahin, M. (2023). Prevalence of neonatal calf diarrhea caused by *Escherichia coli* and investigation of virulence factors, serotypes, and antibiotic susceptibility. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 335-335. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2023.145058>
- Demiroğlu, E. G., Sahin, M., Karakaya, E., Saticioglu, I. B., Ersoy, Y., Guran, O., Guran, C., Abay, S., Aydin, F., & Buyuk, F. (2024). Virulence Genes Prevalence and Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus- PCR

- Profiles of Goose-Derived *Campylobacter jejuni* Isolates. *Journal of Food Safety*, 44(5), e13161. <https://doi.org/10.1111/jfs.13161>
- Franck, S. M., Bosworth, B. T., & Moon, H. W. (1998). Multiplex PCR for Enterotoxigenic, Attaching and Effacing, and Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Strains from Calves. *Journal of Clinical Microbiology*, 36(6), 1795-1797. <https://doi.org/10.1128/JCM.36.6.1795-1797.1998>
- Guidelines for Adherent Disc Diffusion Testing*. (2026). European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST).
- Heras, J., Domínguez, C., Mata, E., Pascual, V., Lozano, C., Torres, C., & Zarazaga, M. (2015). GelJ – a tool for analyzing DNA fingerprint gel images. *BMC Bioinformatics*, 16(1), 270. <https://doi.org/10.1186/s12859-015-0703-0>
- Magiorakos, A.-P., Srinivasan, A., Carey, R. B., Carmeli, Y., Falagas, M. E., Giske, C. G., Harbarth, S., Hindler, J. F., Kahlmeter, G., Olsson-Liljequist, B., Paterson, D. L., Rice, L. B., Stelling, J., Struelens, M. J., Vatopoulos, A., Weber, J. T., & Monnet, D. L. (2012). Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: An international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical Microbiology and Infection*, 18(3), 268-281. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>
- Menge, C. (2020). The Role of *Escherichia coli* Shiga Toxins in STEC Colonization of Cattle. *Toxins*, 12(9), 607. <https://doi.org/10.3390/toxins12090607>
- Moxley, R. A., & Smith, D. R. (2010). Attaching-effacing *Escherichia coli* Infections in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 26(1), 29-56. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.10.011>
- Organization, W. H. (2019). *WHO list of critically important antimicrobials for human medicine (WHO CIA list)*. World Health Organization.
- Pires, A. J., Pereira, G., Fangueiro, D., Bexiga, R., & Oliveira, M. (2024). When the solution becomes the problem: A review on antimicrobial resistance in dairy cattle. *Future Microbiology*, 19(10), 903-929. <https://doi.org/10.2217/fmb-2023-0232>
- Siddique, N., Arafat, Kh. Y., Gilman, M. A. A., Rahman, Md. M., Das, Z. C., Islam, T., & Hoque, M. N. (2025). Genomic insights into multidrug resistant *Escherichia coli* from bovine mastitis in Bangladesh. *BMC Microbiology*, 25(1), 788. <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04514-2>
- Smith, J. L., Fratamico, P. M., & Gunther, N. W. (2014). Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli*. İçinde *Advances in Applied Microbiology* (C. 86, ss. 145-197). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800262-9.00003-2>
- Versalovic, J., Koeuth, T., & Lupski, R. (1991). Distribution of repetitive DNA sequences in eubacteria and application to finerpriting of bacterial enomes. *Nucleic Acids Research*, 19(24), 6823-6831. <https://doi.org/10.1093/nar/19.24.6823>

PEEK (POLİETER ETER KETON) MATERYALİNİN DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIMI

Uzman Dt. Etem Tayfun GÖKŞEN

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD. , etem_goksen@hotmail.com,
0009-0005-6528-5355

Özet

Polieter eter keton (PEEK), poliariletherketon (PAEK) ailesinden, yarı kristalin yapıda bir termoplastik polimerdir. Biyoinert özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde biyomedikal uygulamalarda giderek artan şekilde kullanılmaktadır ve mekanik stabilitesi, kimyasal direnci ve insan kemiğiyle uyumluluğu bakımından implant fikstürü ve ilgili protezler için uygun bir materyal olarak değerlendirilmektedir (Alqutaibi ve ark., 2025).

Diş hekimliğinde metal içermeyen (metal-free) restorasyonlara olan talep, estetik beklentiler ve metal alerjilerine yönelik artan farkındalıkla birlikte PEEK'i güncel bir araştırma ve uygulama alanı haline getirmiştir. Bu sunum; PEEK'in fiziksel/kimyasal yapısını, mekanik özelliklerini, biyoyumluluğunu, klinik kullanım alanlarını, üretim teknolojilerini ve mevcut sınırlılıklarını güncel literatür ışığında ele almaktadır.

PEEK, titanyuma kıyasla daha az hipersensitivite ve alerjik reaksiyona neden olmaktadır; ayrıca radyolüsent bir materyal olduğundan manyetik rezonans görüntülerinde (MR) artefakt oluşturmamaktadır (PEEK Biomaterial Review, 2022). Bu özellik, özellikle ileri görüntüleme gerektiren hastalarda önemli bir avantaj sunmaktadır.

Bununla birlikte PEEK'in biyolojik olarak inert bir materyal olması, kemik fiksasyonu gibi biyolojik özelliklerinin sınırlı kalmasına neden olmaktadır (Sreenivasulu ve Sowjanya, 2024). Bu sınırlılığı aşmak amacıyla yüzey modifikasyonu stratejileri (bkz. Bölüm 6) geliştirilmektedir. **Klinik Kullanım Alanları: 1. İmplant Bileşenleri (Abutment / Fikstür)** PEEK'in elastisite modülü (yaklaşık 3-4 GPa) insan kortikal kemiğine yakın olup stres kalkını etkisini azaltarak osseointegrasyonu destekleyebilir (PEEK abutments review). Korozyon, osseointegrasyon problemleri ve alerjik reaksiyonlar gibi geleneksel abutment materyallerinin (titanyum, nikel, zirkonya, altın) dezavantajlarına karşı PEEK abutmentler, kolayca çıkarılabilir bir alternatif sunmaktadır (Cureus, 2023). Sınırlama olarak, PEEK'in çiğneme kuvvetlerine dayanımı titanyum kadar yüksek olmadığından, günümüzde PEEK abutmentler sıklıkla geçici (provizyonel) restorasyonlarda tercih edilmektedir (Cureus, 2023; PEEK Biomaterial Review, 2022). **2. Sabit ve Hareketli Protezler** CAD-CAM PEEK diş protezleri üzerine yapılan derlemelere göre PEEK, mükemmel mekanik özellikler sergilemekte ve veneer kompozit materyallerle güçlü bağlanma göstermektedir; bu da PEEK'i sabit protezler için cazip bir materyal haline getirmektedir (Revolutionizing Dental Polymers, 2025) Zirkonya ve lityum disilikat kronlara benzer şekilde PEEK protezlerin yüksek kırılma direnci gösterdiği ve molar bölgede oklüzal streslere dayanabildiği bildirilmiştir. PEEK sabit parsiyel protezleri üzerine yapılan bir sistematik derlemede, metal çerçevelere kıyasla daha iyi estetik sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (Revolutionizing Dental Polymers, 2025). Ayrıca PEEK'in düşük yoğunluğu (1,3 g/cm³) destek dokular üzerindeki ağırlığı azaltarak hasta konforunu artırmaktadır; bu özellik özellikle hareketli protez kaideleri için önem taşımaktadır (XDENT LAB, 2025). **3. Ortodonti** PEEK; ark telleri, braketler, sabit lingual retainerlar, palatal genişletme cihazları, transpalatal arklar, Tübingen palatal plakları, çeşitli tipte alan koruyucular ve mini-implant yerleştirme kılavuzları gibi pek çok ortodontik uygulamada araştırılmaktadır (Win ve ark., 2024). **4. TME (Temporomandibular Eklem) Rekonstrüksiyonu** PEEK'in esneklik, kırılma direnci ve biyoyumluluk kombinasyonu; protetik uygulamalar, implant bileşenleri ve TME rekonstrüksiyonunda kullanımının artmasına katkı sağlamıştır (Revolutionizing Dental Polymers, 2025). Geleneksel enjeksiyon kalıplama yöntemlerinin yanı sıra, üç boyutlu (3D) baskı ve dijital iş akışları PEEK üretiminde giderek önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım, hastaya özel çerçevelerin üretimini mümkün kılarak üretim süresini kısaltmaktadır. CAD/CAM sistemleriyle entegrasyon, hassasiyet ve ölçeklenebilirlik açısından avantaj sağlamaktadır. Yüzey

mühendisliği yaklaşımları -plazma tedavileri ve çeşitli kaplamalar dahil- PEEK'in biyoaktivitesini ve aşınma direncini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. PEEK, titanyum ve zirkonyaya alternatif olarak; kemik benzeri elastisite modülü, biyoinertliği, radyolüsentliği ve estetik avantajlarıyla diş hekimliğinde giderek genişleyen bir uygulama alanına sahiptir. İmplant bileşenlerinden sabit ve hareketli protezlere, ortodontik apareylerden TME rekonstrüksiyonuna kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Ancak dolgusuz formunun sınırlı mekanik dayanımı, klinik endikasyonun (geçici veya kalıcı restorasyon, yük taşıma düzeyi) dikkatle belirlenmesini gerektirmektedir. Karbon fiber takviyesi ve yüzey modifikasyonu gibi güncel yaklaşımlar, PEEK'in mekanik ve biyolojik performansını artırma potansiyeli taşımaktadır. Gelecekteki araştırmaların, uzun dönem klinik başarı verilerini ve standardize yüzey işlem protokollerini netleştirmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Polieter Eter Keton (PEEK), Diş İmplantolojisi / İmplant Abutmenti, Biyouyumluluk

Kaynakça

1. Alqutaibi AY, Alghauli MA, Algabri RS, Hamadallah HH, Aboalrejal AN, Zafar MS, Fareed MA. Applications, modifications, and manufacturing of polyetheretherketone (PEEK) in dental implantology: A comprehensive critical review. Proc Inst Mech Eng H. 2025.
2. Revolutionizing Dental Polymers: The Versatility and Future Potential of Polyetheretherketone in Restorative Dentistry. PMC, 2025.
3. Sreenivasulu D, Sowjanya JL. Exploring the Potential of PEEK in Prosthetic Dentistry: A Contemporary Perspective. Int J Dent Mater. 2024;6(2):41-44.
4. Win PP, Moe OG, Chen DDS, Peng TY, Cheng JHC. A Comparative Analysis of Mechanical Properties of Polyetheretherketone (PEEK) vs. Standard Materials Used in Orthodontic Fixed Appliances: A Systematic Review. Polymers (Basel). 2024;16(9):1271.
5. PEEK Biomaterial in Long-Term Provisional Implant Restorations: A Review. J Funct Biomater. 2022;13(2):33.
6. Peek Implant Abutment: Systematic Review. J Clin Exp Dent. 2022;14(4):e349-58.
7. Polyetheretherketone (PEEK) as a Biomaterial: An Overview. Cureus. 2023.
8. Dental implant and abutment in PEEK: stress assessment in single crown retainers on anterior region. 2024.
9. In vitro assessment of PEEK and titanium implant abutments: Screw loosening and microleakage evaluations under dynamic mechanical testing. J Prosthet Dent. 2020.
10. Exploring Polyetheretherketone (PEEK) in Dental Applications. XDENT LAB, 2025.
11. Exploring polyetheretherketone in dental implants and abutments: A focus on biomechanics and finite element methods. 2024.

THE USE OF PEEK (POLYETHER ETHER KETONE) MATERIAL IN DENTISTRY**DENTIST, Etem Tayfun GÖKŞEN****Dicle University Faculty of Dentistry, Department of Prosthodontics, etem_goksen@hotmail.com,
0009-0005-6528-5355****Abstract**

Polyether ether ketone (PEEK) is a semi-crystalline thermoplastic polymer belonging to the polyaryletherketone (PAEK) family. Due to its bioinert properties, it is increasingly used in biomedical applications in dentistry and is considered a suitable material for implant fixtures and related prostheses in terms of its mechanical stability, chemical resistance, and compatibility with human bone (Alqutaibi et al., 2025). The demand for metal-free restorations in dentistry, coupled with aesthetic expectations and growing awareness of metal allergies, has made PEEK a current area of research and application. This presentation addresses PEEK's physical and chemical structure, mechanical properties, biocompatibility, clinical applications, manufacturing technologies, and current limitations in light of the latest literature. Compared to titanium, PEEK causes fewer cases of hypersensitivity and allergic reactions; furthermore, as it is a radiolucent material, it does not produce artifacts in magnetic resonance imaging (MRI) (PEEK Biomaterial Review, 2022). This property offers a significant advantage, particularly for patients requiring advanced imaging. However, the fact that PEEK is a biologically inert material limits its biological properties, such as bone fixation (Sreenivasulu and Sowjanya, 2024). Surface modification strategies (see Chapter 6) are being developed to overcome this limitation. Clinical Applications: 1. Implant Components (Abutments / Fixtures) PEEK's elastic modulus (approximately 3–4 GPa) is similar to that of human cortical bone and may support osseointegration by reducing the stress shield effect (PEEK abutments review). Compared to the disadvantages of traditional abutment materials (titanium, nickel, zirconia, gold)—such as corrosion, osseointegration issues, and allergic reactions—PEEK abutments offer an easily removable alternative (Cureus, 2023). As a limitation, since PEEK's resistance to masticatory forces is not as high as that of titanium, PEEK abutments are currently often preferred for temporary (provisional) restorations (Cureus, 2023; PEEK Biomaterial Review, 2022). 2. Fixed and Removable Prostheses According to reviews on CAD-CAM PEEK dental prostheses, PEEK exhibits excellent mechanical properties and strong bonding with veneer composite materials; which makes PEEK an attractive material for fixed prostheses (Revolutionizing Dental Polymers, 2025). Similar to zirconia and lithium disilicate crowns, PEEK prostheses have been reported to exhibit high fracture resistance and withstand occlusal stresses in the molar region. A systematic review of PEEK fixed partial dentures indicated that better aesthetic results were achieved compared to metal frameworks (Revolutionizing Dental Polymers, 2025). Furthermore, PEEK's low density (1.3 g/cm³) reduces the weight on supporting tissues, thereby enhancing patient comfort; this property is particularly important for removable denture bases (XDENT LAB, 2025). 3. Orthodontics PEEK is being investigated for numerous orthodontic applications, including archwires, brackets, fixed lingual retainers, palatal expansion devices, transpalatal arches, Tübingen palatal plates, various types of space maintainers, and mini-implant placement guides (Win et al., 2024). 4. Temporomandibular Joint (TMJ) Reconstruction: PEEK's combination of flexibility, fracture resistance, and biocompatibility has contributed to its increasing use in prosthetic applications, implant components, and TMJ reconstruction (Revolutionizing Dental Polymers, 2025). In addition to traditional injection molding methods, 3D printing and digital workflows are becoming increasingly important in PEEK production. This approach enables the production of patient-specific frameworks, thereby shortening production time. Integration with CAD/CAM systems offers advantages in terms of precision and scalability. Surface engineering approaches—including plasma treatments and various coatings—are used to enhance PEEK's bioactivity and wear resistance. As an alternative to titanium and zirconia, PEEK has an increasingly broad range of applications in dentistry due to its bone-like elastic modulus, bioinertness, radiolucency, and aesthetic advantages. It is used in a wide range of

applications, from implant components to fixed and removable prostheses, and from orthodontic appliances to TME reconstruction. However, the limited mechanical strength of its unfilled form requires careful determination of the clinical indication (temporary or permanent restoration, load-bearing level). Current approaches, such as carbon fiber reinforcement and surface modification, aim to enhance PEEK's mechanical and biological performance.

Keywords: Polyether Ether Ketone (PEEK), Dental Implantology / Implant Abutment, Biocompatibility

References

1. Alqutaibi AY, Alghauli MA, Algabri RS, Hamadallah HH, Aboalrejal AN, Zafar MS, Fareed MA. Applications, modifications, and manufacturing of polyetheretherketone (PEEK) in dental implantology: A comprehensive critical review. *Proc Inst Mech Eng H*. 2025.
2. Revolutionizing Dental Polymers: The Versatility and Future Potential of Polyetheretherketone in Restorative Dentistry. *PMC*, 2025.
3. Sreenivasulu D, Sowjanya JL. Exploring the Potential of PEEK in Prosthetic Dentistry: A Contemporary Perspective. *Int J Dent Mater*. 2024;6(2):41-44.
4. Win PP, Moe OG, Chen DDS, Peng TY, Cheng JHC. A Comparative Analysis of Mechanical Properties of Polyetheretherketone (PEEK) vs. Standard Materials Used in Orthodontic Fixed Appliances: A Systematic Review. *Polymers (Basel)*. 2024;16(9):1271.
5. PEEK Biomaterial in Long-Term Provisional Implant Restorations: A Review. *J Funct Biomater*. 2022;13(2):33.
6. Peek Implant Abutment: Systematic Review. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(4):e349-58.
7. Polyetheretherketone (PEEK) as a Biomaterial: An Overview. *Cureus*. 2023.
8. Dental implant and abutment in PEEK: stress assessment in single crown retainers on anterior region. 2024.
9. In vitro assessment of PEEK and titanium implant abutments: Screw loosening and microleakage evaluations under dynamic mechanical testing. *J Prosthet Dent*. 2020.
10. Exploring Polyetheretherketone (PEEK) in Dental Applications. *XDENT LAB*, 2025.
11. Exploring polyetheretherketone in dental implants and abutments: A focus on biomechanics and finite element methods. 2024.

TEMPOROMANDİBULAR EKLEM (TME) HASTALIKLARI

Uzman Dt. , Etem Tayfun GÖKŞEN

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD. , etem_goksen@hotmail.com,
0009-0005-6528-5355

Özet

Temporomandibular eklem (TME), temporal kemikteki tüberkulum artikülare ile mandibula kondili arasında yer alan, sinovyal ve biartiküler (disk ile ayrılmış üst-alt kompartmanlı) çift taraflı bir eklemdir. Çiğneme, konuşma ve yutma gibi stomatognatik işlevlerin biyomekanik temelini oluşturur. Tanı için uluslararası standart DC/TMD (Diagnostic Criteria for TMD) sistemidir; Eksen I fiziksel muayeneyi, Eksen II ise psikososyal değerlendirmeyi kapsar. Erişkin popülasyonda temporomandibular disfonksiyon (TMD) prevalansı yaklaşık %25-30'dur; kadın:erkek oranı ~2:1 olup sıklıkla 20-40 yaş arasında görülür. TMD, odontojenik olmayan orofasiyal ağrının en sık nedenidir; ancak toplumda yaygın olmasına rağmen çoğu zaman fark edilmez ve tedavi süreci gecikir. Eklem diski kondil ile fossa arasında biküonkav fibröz bir yapıdır; pars anterior, pars intermedia ve pars posterior bölümlerinden oluşur. Üst eklem boşluğunda translasyon, alt eklem boşluğunda ise rotasyon hareketi gerçekleşir. Kapsüler ligament, temporomandibular ligament ve kollateral (diskal) ligamentler eklemi stabilize eder. Retrodiskal doku (bilaminar zon) eklemi vaskülarize ve inerve eden, disk deplasmanlarında ağrı kaynağı olabilen bir yapıdır. Kas kaynaklı bozukluklar: Miyofasyal ağrı, miyalji, myospazm. Eklem kaynaklı bozukluklar: Disk deplasmanı, artralji, osteoartrit, ankiloz. Miyofasyal Ağrı Sendromu: İstemsiz, hipertonic kas kontraksiyonudur; kasta yapısal kısalma veya kontraktür görülmez. Klinik bulgu: palpasyonla artan lokal miyalji, tetik nokta ve yansıyan (refere) ağrı. Sürekli ağrı hiperaljeziye ve yanlış teşhise yol açabilir. Disk Deplasmanları: Redüksiyonlu: disk açılma sırasında normal konumuna döner; resiprokal klik sesi eşlik eder. Redüksiyonsuz: redüksiyonlu formun tedavi edilmeden ilerlemesiyle gelişir; disk immobil hale gelir. Kısıtlı ağız açıklığı ve genellikle ağrı görülür; ilerlemiş evrelerde krepitasyon duyulabilir. Klinik Muayene: Ağız açıklığı ölçümü, palpasyon, eklem sesleri (klik/krepitasyon); DC/TMD Axis I protokolüne göre yapılandırılır. MRI: Disk pozisyonu ve internal düzensizlik değerlendirmesinde altın standarttır; yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahiptir. Ultrasonografi: Non-invaziv, dinamik ve gerçek zamanlı değerlendirme sağlar; doğruluğu operatöre bağımlıdır. Panoramik Grafi: Kemik yapısı ve kaba patolojilerin taranmasında ilk basamaktır; yumuşak doku hakkında bilgi sınırlıdır. Tedavi Yaklaşımları: Konservatif (Öncelikli) Hasta eğitimi, davranışsal tedavi, farmakoterapi (NSAİİ, kas gevşetici), fizik tedavi, manuel terapi, oklüzal splint uygulamaları. Minimal İnvaziv: Artrosentez: eklem boşluğunun yıkanması ve lubrikasyonun sağlanması. PRP (Plateletten Zengin Plazma): TGF-β1, VEGF ve PDGF gibi büyüme faktörlerinin salınımı yoluyla doku onarımına katkı sağlar. Proloterapi: eklem boşluğuna hipertonic dekstroz enjekte edilerek fibro-osseöz bağlantıların proliferasyonu uyarılır; subluksasyon ve hipermobilitate tedavisinde olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Cerrahi: Konservatif ve minimal invaziv yöntemler yetersiz kaldığında artroskopi veya açık eklem cerrahisi uygulanır. TME rahatsızlıkları yaygın olmasına rağmen çoğu zaman fark edilmiyor. Doğru anatomik bilgi ve sistematik tanı yaklaşımı erken müdahaleyi mümkün kılar.

Tedavide öncelik her zaman konservatif yöntemlerde olmalı; cerrahi son seçenek olarak değerlendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Temporomandibular eklem (TME), Temporomandibular disfonksiyon (TMD), DC/TMD (TMD Tanı Kriterleri), Eklem diski / disk deplasmanı

Kaynakça

- [1] Odabaş B, Gündüz Arslan S. Temporomandibular Eklem Anatomisi ve Rahatsızlıkları. Dicle Tıp Dergisi, 2008.
https://www.diclemedj.org/dl.php?yayin_id=440&dil=en&filename=upload%2Fsayi%2F22%2FDicle+Med+J-01554.pdf
- [2] Klinik Pratikte Sık Karşılaşılan Temporomandibular Eklem Bozuklukları. Türk Tabipleri / Academician Studies. <https://www.journals.academicianstudies.com/TTSB/article/download/423/239>
- [3] Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları ve Güncel Tedavi Yaklaşımları. Özgür Yayınları. <https://www.ozguryayinlari.com/site/catalog/download/127/899/2200>
- [4] Gezer Albayrak İ, Levendoğlu F. Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Sınıflandırılması, Tanı ve Tedavisi. DergiPark. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2156736>
- [5] Redüksiyonsuz Disk Deplasmanına Sahip Hastalarda Tedavi Yaklaşımları. DergiPark. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1153761>

TEMPOROMANDIBULAR JOINT (TMJ) DISORDERS**DENTIST, Etem Tayfun GÖKŞEN****Dicle University Faculty of Dentistry, Department of Prosthodontics, etem_goksen@hotmail.com,
0009-0005-6528-5355****Abstract**

The temporomandibular joint (TMJ) is a bilateral, synovial, and biarticular (separated by a disc into upper and lower compartments) joint located between the tuberculus articulare of the temporal bone and the mandibular condyle. It forms the biomechanical basis for stomatognathic functions such as chewing, speaking, and swallowing. The international standard for diagnosis is the DC/TMD (Diagnostic Criteria for TMD) system; Axis I covers the physical examination, while Axis II covers the psychosocial assessment. The prevalence of temporomandibular dysfunction (TMD) in the adult population is approximately 25–30%; the female-to-male ratio is ~2:1, and it is most commonly seen between the ages of 20 and 40. TMD is the most common cause of non-odontogenic orofacial pain; however, despite its prevalence in the general population, it often goes unrecognized, leading to delays in treatment. The articular disc is a biconcave fibrous structure located between the condyle and the fossa; it consists of the pars anterior, pars intermedia, and pars posterior. Translational movement occurs in the superior joint space, while rotational movement occurs in the inferior joint space. The capsular ligament, temporomandibular ligament, and collateral (discal) ligaments stabilize the joint. The retrodiscal tissue (bilaminar zone) is a structure that supplies blood and nerves to the joint and can be a source of pain in cases of disc displacement. Muscle-related disorders: Myofascial pain, myalgia, myospasm. Joint-related disorders: Disc displacement, arthralgia, osteoarthritis, ankylosis. Myofascial Pain Syndrome: An involuntary, hypertonic muscle contraction; no structural shortening or contracture is observed in the muscle. Clinical findings: Local myalgia that increases with palpation, trigger points, and referred pain. Persistent pain can lead to hyperalgesia and misdiagnosis. Disc Displacements: Reducible: The disc returns to its normal position during manipulation; accompanied by a reciprocal clicking sound. Non-reducible: Develops as the reducible form progresses without treatment; the disc becomes immobilized. Limited mouth opening and pain are typically present; crepitation may be heard in advanced stages. Clinical Examination: Measurement of mouth opening, palpation, joint sounds (click/crepitation); structured according to the DC/TMD Axis I protocol. MRI: Is the gold standard for assessing disc position and internal abnormalities; it has high sensitivity and specificity. Ultrasonography: Provides non-invasive, dynamic, and real-time assessment; its accuracy depends on the operator. Panoramic X-ray: Is the first step in screening for bone structure and gross pathologies; information regarding soft tissues is limited.

Treatment Approaches: Conservative (Priority) Patient education, behavioral therapy, pharmacotherapy (NSAIDs, muscle relaxants), physical therapy, manual therapy, and occlusal splint applications. Minimally Invasive: Arthrocentesis: Flushing of the joint cavity and provision of lubrication. PRP (Platelet-Rich Plasma): Contributes to tissue repair through the release of growth factors such as TGF- β 1, VEGF, and PDGF. Prolotherapy: Injection of hypertonic dextrose into the joint cavity stimulates the proliferation of fibro-osseous connections; positive results have been reported in the treatment of subluxation and hypermobility. Surgery: Arthroscopy or open joint surgery is performed when conservative and minimally invasive methods prove insufficient. Although TME disorders are common, they often go unnoticed. Accurate anatomical knowledge and a systematic diagnostic approach enable early intervention.

Conservative methods should always be the first line of treatment; surgery should be considered as a last resort.

Keywords: Temporomandibular joint (TMJ), Temporomandibular dysfunction (TMD), DC/TMD (TMD Diagnostic Criteria), Articular disc / disc displacement

References

- [1] Odabaş B, Gündüz Arslan S. Temporomandibular Eklem Anatomisi ve Rahatsızlıkları. Dicle Tıp Dergisi, 2008.
https://www.diclemedj.org/dl.php?yayin_id=440&dil=en&filename=upload%2Fsayi%2F22%2FDicle+Med+J-01554.pdf
- [2] Klinik Pratikte Sık Karşılaşılan Temporomandibular Eklem Bozuklukları. Türk Tabipleri / Academician Studies. <https://www.journals.academicianstudies.com/TTSB/article/download/423/239>
- [3] Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları ve Güncel Tedavi Yaklaşımları. Özgür Yayınları. <https://www.ozguryayinlari.com/site/catalog/download/127/899/2200>
- [4] Gezer Albayrak İ, Levendoğlu F. Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Sınıflandırılması, Tanı ve Tedavisi. DergiPark. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2156736>
- [5] Redüksiyonsuz Disk Deplasmanına Sahip Hastalarda Tedavi Yaklaşımları. DergiPark. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1153761>

BEYNİN MOLEKÜLER İLETİŞİM AĞI: EKSOZOMLARIN NÖROİNFLAMASYON VE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDAKİ ÇOK YÖNLÜ ROLÜ

Doç. Dr. Leyla BAHAR

Mersin Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kök Hücre ve Rejeneratif Tıp AD

leylabahar@mersin.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6910-6167

Özet

Merkezi sinir sistemi, nöronlar, glial hücreler ve immün hücreler arasındaki karmaşık moleküler iletişim ağları tarafından düzenlenen dinamik bir yapıya sahiptir. Son yıllarda hücreler arası iletişimde kritik rol oynayan ekstrasellüler veziküllerin küçük bir alt grubu olan eksozomlar; nörolojik ve psikiyatrik hastalıkların patofizyolojisinin anlaşılmasında ve yeni nesil tanı-tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Eksozomlar; mikroRNA (miRNA), uzun kodlamayan RNA'lar (lncRNA), proteinler, lipidler ve çeşitli sinyal moleküllerini taşıyarak alıcı hücrelerin gen ekspresyon profillerini ve fonksiyonlarını değiştirebilen biyolojik nanoveziküllerdir. Özellikle nöron-astrozit-mikroglia arasındaki eksozomal iletişim, nöroinflamasyonun düzenlenmesinde ve sinaptik plastisitenin korunmasında önemli rol oynamaktadır. Patolojik süreçlerde ise değişime uğramış eksozom içerikleri; mikroglial aktivasyon, inflamatuvar sitokin salınımı, oksidatif stres, mitokondriyal disfonksiyon ve nöronal hasarın ilerlemesine katkıda bulunabilmektedir. Depresyon, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı ve diğer nörodejeneratif hastalıklarda eksozomal miRNA profillerindeki değişiklikler, hastalıkların erken tanısı için potansiyel sıvı biyobelirteçler olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca eksozomların kan-beyin bariyerini geçebilme özellikleri, nöroprotektif moleküllerin, genetik materyallerin ve terapötik ajanların hedef dokuya ulaştırılmasında yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla birlikte eksozom izolasyonu, moleküler karakterizasyon, biyolojik kaynak farklılıkları, doz standardizasyonu ve klinik güvenilirlik gibi konular translasyonel uygulamalarda önemli sınırlılıklar oluşturmaktadır.

Sonuç olarak eksozomlar, nöroinflamasyonun moleküler mekanizmalarını aydınlatan, nöropsikiyatrik hastalıklarda yeni nesil biyobelirteç ve tedavi platformları geliştirilmesine olanak sağlayan güçlü biyolojik araçlar olarak geleceğin nörobiyomedikal araştırmalarında önemli bir konuma sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Eksozom, Nöroinflamasyon, Nörodejeneratif hastalıklar, miRNA, Kan-beyin bariyeri

THE BRAIN'S MOLECULAR COMMUNICATION NETWORK: THE MULTIFACETED ROLE OF EXOSOMES IN NEUROINFLAMMATION AND NEURODEGENERATIVE DISEASES

Assoc. Prof. Dr. Leyla BAHAR

Mersin University, Institute of Health Sciences, Department of Stem Cell and Regenerative Medicine
leylabahar@mersin.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6910-6167

Abstract

The central nervous system is a dynamic structure regulated by complex molecular communication networks between neurons, glial cells, and immune cells. In recent years, exosomes, a small subgroup of extracellular vesicles that play a critical role in intercellular communication, have become an important area of research in understanding the pathophysiology of neurological and psychiatric diseases and in developing next-generation diagnostic and treatment strategies. Exosomes are biological nanovesicles that carry microRNAs (miRNAs), long non-coding RNAs (lncRNAs), proteins, lipids, and various signaling molecules, capable of altering the gene expression profiles and functions of recipient cells. In particular, exosomal communication between neurons, astrocytes, and microglia plays a significant role in regulating neuroinflammation and maintaining synaptic plasticity. In pathological processes, altered exosome contents can contribute to microglial activation, inflammatory cytokine release, oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and the progression of neuronal damage. Changes in exosomal miRNA profiles in depression, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and other neurodegenerative diseases are being evaluated as potential liquid biomarkers for early diagnosis of these diseases. Furthermore, the ability of exosomes to cross the blood-brain barrier offers an innovative approach to delivering neuroprotective molecules, genetic materials, and therapeutic agents to target tissues. However, issues such as exosome isolation, molecular characterization, differences in biological sources, dose standardization, and clinical safety present significant limitations in translational applications.

In conclusion, exosomes hold a significant position in future neurobiomedical research as powerful biological tools that elucidate the molecular mechanisms of neuroinflammation and enable the development of next-generation biomarkers and treatment platforms in neuropsychiatric diseases.

Keywords: Exosome, Neuroinflammation, Neurodegenerative diseases, miRNA, Blood-brain barrier

1. GİRİŞ

Merkezi sinir sistemi, nöronlar, astrositler, mikroglia, oligodendrositler ve periferik immün hücreler arasında sürekli bilgi alışverişi bulunan dinamik bir biyolojik ağdır (Ruan, 2021; Wang, 2022). Bu ağın sürdürülmesinde hücreden hücreye aktarılan çözünür mediyatörler kadar, son yıllarda yoğun ilgi gören ekstrasellüler veziküller ve özellikle eksozomlar da belirleyici kabul edilmektedir (Wang, 2022; Xia, 2019). Eksozomlar, yaklaşık 30–150 nm çapında, çift katlı lipid zarla çevrili nanoveziküllerdir ve proteinler, lipidler, mRNA, miRNA, lncRNA, circRNA ve diğer biyoaktif molekülleri taşıyabilir (An, 2026; Rastogi, 2021). Bu içerik, alıcı hücrelerin gen ekspresyonunu, metabolik durumunu, inflamatuvar yanıtını ve hayatta kalım mekanizmalarını değiştirebilir (Nouri, 2024; Wang, 2022). Bu nedenle eksozomlar artık yalnızca hücrel atık uzaklaştırma yapıları olarak değil, merkezi sinir sisteminin moleküler iletişim aracı olarak değerlendirilmektedir (Wang, 2020; Wang, 2022).

Nörodejeneratif hastalıklarda erken tanının güç olması, hastalık ilerlemesini duyarlı biçimde izleyebilecek biyobelirteçlerin sınırlı kalması ve kan-beyin bariyerinin tedaviye engel oluşturması, yeni biyolojik platformlara olan ihtiyacı artırmıştır (Wang, 2020; Zhang, 2024). Eksozomlar bu noktada iki nedenle dikkat çekmektedir: Birincisi, kaynaklandıkları hücrenin moleküler özelliklerini yansıtabilmeleri; ikincisi ise kan-beyin bariyerini geçebilme kapasiteleri sayesinde hem tanısal hem de tedavi amaçlı kullanılabilmeleridir (Deng, 2025; Nouri, 2024).

1.1. Eksozomların Merkezi Sinir Sistemindeki İletişim Rolü

Fizyolojik koşullarda eksozomlar, merkezi sinir sisteminde çok yönlü hücreler arası iletişimi destekleyerek homeostazın sürdürülmesine katkı sağlar (Deng, 2025; Ruan, 2021). Nöronlar ve glial hücreler tarafından salgılanan bu veziküller, sinaptik plastisite, nöron-glia etkileşimi, nöroproteksiyon ve nörorejenerasyon gibi süreçlerde işlev görür (Upadhy, 2020; Zhang, 2024).

Özellikle nöron–astrosit iletişimde eksozomal miRNA aktarımı önemli görünmektedir. Nöronların eksozomlar aracılığıyla astrositlere miRNA taşıyabildiği ve bunun astrosit protein ekspresyonunu dolaylı biçimde düzenleyebildiği bildirilmiştir (Wang, 2020). Bu bulgu, sinaptik çevrenin yalnızca klasik nörotransmitterlerle değil, gen düzenleyici küçük RNA’larla da kontrol edildiğini düşündürmektedir (Wang, 2020, 2022). Astrosit kaynaklı ekstrasellüler veziküller de fizyolojik durumda nöroprotektif içerik taşıyabilir. Naif astrositlerden salınan veziküllerde fibroblast büyüme faktörü-2, vasküler endotelial büyüme faktörü ve apolipoprotein-D gibi nöroprotektif bileşenler tanımlanmıştır (Upadhy, 2020). Uyarılmış astrositlerin ise ısı şok proteinleri, sinapsin-1, özgül miRNA’lar ve glutamat taşıyıcıları içeren veziküller salgılayabildiği gösterilmiştir (Upadhy, 2020). Bu nedenle eksozomal iletişim, yalnızca hastalıkta ortaya çıkan bir olay değil, normal beyin işlevinin de temel bileşenidir (Upadhy, 2020; Wang, 2022).

1.2. Nöroinflamasyonun Düzenlenmesinde Eksozomlar

Nöroinflamasyon, pek çok nörodejeneratif hastalığın eşlik eden bir sonucu değil, çoğu zaman ilerlemeyi hızlandıran temel bir mekanizmasıdır (Ruan, 2021; Tang, 2023). Eksozomlar bu süreçte immün hücreler, mikroglia, astrositler ve nöronlar arasında inflamatuvar sinyallerin taşınmasını sağlayarak kritik bir aracı rol üstlenir (An, 2026; Izquierdo-Altarejos, 2023).

Patolojik koşullarda eksozom kargosu belirgin biçimde değişir. Hastalık veya stres durumlarında protein ve RNA yükünün yeniden düzenlendiği, bunun da inflamatuvar yanıtların ve hücrel hasarın biçimini etkilediği gösterilmiştir (Izquierdo-Altarejos, 2023; Zhang, 2024). Eksozomların içerdiği miRNA’lar, sitokinler ve inflammasom bileşenleri mikroglial polarizasyonu, NLRP3 inflammasom aktivasyonunu ve sitokin salınımını düzenleyebilir (An, 2026). Bu da nöronal hasarı besleyen kısır bir döngü oluşturabilir (An, 2026). Periferden beyne taşınan patolojik sinyaller de nöroinflamasyonu artırabilir. Ekstrasellüler veziküllerin kan-beyin bariyerini

aşarak periferik inflamatuvar içeriği beyne aktarabildiği ve bunun nöroinflamasyon ile bilişsel-motor bozulmaya katkı sunduğu bildirilmiştir (Izquierdo-Altarejos, 2023). Örneğin plazma kaynaklı veziküllerde artmış tümör nekroz faktör- α içeriğinin deneysel olarak nöroinflamasyon ve motor bozukluk oluşturabildiği gösterilmiştir (Izquierdo-Altarejos, 2023).

1.3. Nörodejeneratif Hastalıklarda Patolojik Rol

Eksozomların nörodejeneratif hastalıklardaki en dikkat çekici etkilerinden biri, yanlış katlanmış veya toksik proteinlerin hücreler arasında taşınmasına aracılık etmeleridir (An, 2026; Zhang, 2024). Alzheimer hastalığında amiloid- β ve tau; Parkinson hastalığında ise α -sinüklein eksozomal taşınımıyla ilişkilendirilmiştir (An, 2026; Singh, 2024). Bu durum, hastalığın belirli beyin bölgelerinden diğer bölgelere uzamsal olarak yayılmasını açıklayan önemli mekanizmalardan biri olarak değerlendirilmektedir (An, 2026; Upadhy, 2020). Eksozomlar yalnızca protein yayılımı değil, oksidatif stres ve apoptoz gibi ikincil hasar süreçleriyle de ilişkilidir. Eksozomal miRNA'ların apoptoz, inflamasyon, otofaji ve oksidatif stresle ilişkili yolları hedeflediği gösterilmiştir (Nouri, 2024; Wang, 2020). Oksidatif stres yanıtı, nörodejeneratif süreçlerde temel hedeflerden biri olarak görülmekte; eksozomal miRNA'ların bu yanıtı düzenleyebileceği, ancak kesin mekanizmaların henüz tam aydınlatılmadığı belirtilmektedir (Wang, 2020).

Bazı hastalıklarda eksozomlar doğrudan hastalık özgül biyolojik değişimleri yansıtır. Parkinson hastalığında eksozomal α -sinüklein, tau, amiloid β 1-42 ve CXCL12 gibi proteinler ile çeşitli miRNA'lar tanınan adaylar olarak öne çıkmıştır (Kim, 2024). Meta-analitik düzeyde, toplam eksozomal α -sinüklein düzeylerinin Parkinson hastalarında sağlıklı kontrollere göre anlamlı biçimde farklı olduğu bildirilmiştir (Kim, 2024).

1.4. Biyobelirteç Potansiyeli ve Erken Tanı

Eksozomların tanınan değerinin temelinde, biyolojik sıvılarda saptanabilmeleri ve içerdikleri moleküllerin serbest dolaşan RNA'lara göre daha stabil olması yer alır (Wang, 2020; Zhang, 2024). Eksozomal miRNA'lar serbest miRNA'lara kıyasla daha dayanıklıdır ve hastalıkla ilişkili gen ekspresyon değişikliklerini daha güvenilir biçimde yansıtabilir (Xia, 2019; Zhang, 2024). Bu özellik, özellikle erken dönem biyobelirteç araştırmaları için önemlidir (Wang, 2022; Xia, 2019). Nöron kaynaklı eksozomların plazmadan seçici olarak izole edilebilmesi, beyin dokusundaki moleküler değişimlerin periferden izlenmesini mümkün kılmaktadır (Xia, 2019). Bu yaklaşım kullanılarak Alzheimer hastalığı ile ilişkili amiloid beta ve fosforile tau formlarının ayırt edici olabildiği gösterilmiştir (Xia, 2019). Benzer şekilde astrosit kaynaklı veziküllerin kanda izlenmesi de hastalık ilerlemesinin ve tedavi yanıtının takibinde yararlı olabilir (Upadhy, 2020).

Salya temelli eksozomlar gibi daha az invaziv örnekleme alanları da araştırılmaktadır (Rastogi, 2021). Bununla birlikte, farklı biyolojik sıvılar, izolasyon yöntemleri ve hücresel kaynaklar arasında belirgin heterojenite bulunması nedeniyle klinik uygulamada karşılaştırılabilirlik sorunu sürmektedir (Wang, 2020, 2022).

1.5. Tedavi Taşıyıcısı Olarak Eksozomlar

Eksozomlar, kan-beyin bariyerini aşabilmeleri, düşük immünojenisite göstermeleri, biyoyumlu olmaları ve farklı terapötik yükleri taşıyabilmeleri nedeniyle umut verici tedavi platformlarıdır (Nouri, 2024). Protein, küçük molekül, siRNA, shRNA ve terapötik miRNA taşıyan doğal veya mühendislikle düzenlenmiş eksozom sistemleri, nörodejeneratif hastalıklarda hedefe yönelik tedavi açısından dikkat çekmektedir (Zhang, 2024). Terapötik örnekler giderek çeşitlenmektedir. Huntington hastalığı modellerinde miR-124 yüklü eksozomların REST mRNA'yı baskılayarak toksik gen ekspresyon değişikliklerini hafifletebildiği bildirilmiştir (Dehghani, 2025). Multipl skleroz modellerinde resveratrol taşıyan makrofaj kökenli eksozomların NF- κ B yolunu baskılayarak inflamatuvar sitokin üretimini ve demiyelinizasyonu azalttığı gösterilmiştir (Dehghani, 2025). Parkinson modellerinde BDNF içeren insan umbilikal kord mezenkimal kök hücre kaynaklı eksozomların nöronal rejenerasyonu desteklediği ve apoptozu azalttığı bildirilmiştir (Dehghani, 2025).

Kök hücre kökenli ekstrasellüler veziküller genel olarak antiinflamatuvar ve immünomodülatör etkileri nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu veziküllerin mikrogliya ve astrosit aktivitesini düzenleyerek proinflamatuvar mediyatörleri azalttığı ve antiinflamatuvar yanıtı güçlendirdiği bildirilmiştir. Ayrıca Th17/Treg dengesini antiinflamatuvar Treg yönüne kaydırabildikleri ve mikrogliyalı proinflamatuvar durumdan antiinflamatuvar duruma çevirebildikleri gösterilmiştir (Izquierdo-Altarejos, 2023). MSC-EV'lerin nöronal yaşam, sinaptik plastisite ve nöroinflamatuvar yanıtları düzenleyerek hastalıklı bölgeye hedeflenebildiği de rapor edilmiştir (Chen, 2025).

2. Kan-Beyin Bariyeri ve Hedefe Ulaşım

Nörodejeneratif hastalık tedavisindeki en büyük sorunlardan biri, terapötik ajanların kan-beyin bariyerini yeterli düzeyde geçememesidir (Nouri, 2024). Eksozomlar bu engeli kısmen aşabilen doğal nanotaşıyıcılar olarak değerlendirilmektedir (Wang, 2020; Zhang, 2024). Bu özellikleri yalnızca beyne yük taşımaları açısından değil, aynı zamanda beyinle perifer arasında çift yönlü haberleşmeyi mümkün kılmaları açısından da önemlidir (Ruan, 2021; Wang, 2022). Eksozomların kan-beyin bariyeri üzerindeki etkisi tek yönlü değildir. Bazı çalışmalar, belirli eksozom alt tiplerinin bariyer hasarını artırabilecek miRNA'lar taşıdığını; buna karşılık insan kaynaklı nöral kök hücre eksozomlarının bariyer fonksiyonunu güçlendirebildiğini göstermektedir (Dehghani, 2025). İntranazal uygulama gibi non-invaziv yaklaşımlar da eksozomların sinir yolları üzerinden doğrudan merkezi sinir sistemine ulaştırılmasında umut verici görünmektedir (Dehghani, 2025).

3. Klinik Sınırlılıklar ve Gelecek Perspektifi

Eksozom temelli yaklaşımların önündeki en büyük sorunlardan biri, izolasyon ve saflaştırma standardizasyonunun henüz tam sağlanamamış olmasıdır (Chen, 2025). Farklı kaynaklardan elde edilen veziküllerin içerik ve biyolojik etki bakımından heterojen olması, sonuçların tekrarlanabilirliğini zorlaştırmaktadır (Wang, 2020; Zhang, 2024). Ayrıca yükleme verimliliği, hedef doku özgüllüğü, kalite kontrol, büyük ölçekli üretim ve uzun dönem güvenlik değerlendirmeleri klinik çeviri için çözülmesi gereken temel başlıklardır (Chen, 2025).

Bununla birlikte mevcut literatür, eksozomların hem tanı hem tedavi alanında güçlü bir biyolojik platform sunduğu konusunda geniş ölçüde uzlaşmaktadır (Dehghani, 2025; Zhang, 2024). Daha hassas hücre-kaynağı ayrımı, daha güvenilir kargo karakterizasyonu ve GMP uyumlu üretim stratejileri geliştirildikçe, eksozomların nörodejeneratif hastalıklarda kişiselleştirilmiş nöroterapi ve minimal invaziv biyobelirteç aracı olarak kullanımı daha olası görünmektedir (Wang, 2022).

Sonuç olarak eksozomlar, beynin moleküler iletişim ağında yalnızca pasif taşıyıcılar değil, nöroinflamasyonu şekillendiren, nörodejeneratif süreçleri hızlandırabilen veya baskılayabilen, aynı zamanda erken tanı ve hedefe yönelik tedavi için kullanılabilecek aktif biyolojik düzenleyicilerdir. Bu nedenle eksozomların nöroinflamasyon ve nörodejeneratif hastalıklardaki çok yönlü rolü, geleceğin nörobiyomedikal araştırmalarında merkezi bir araştırma alanı olmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

- An, W., Jin, Z., & Li, Y. (2026). Dual role of exosomes in neurodegenerative diseases: a molecular bridge between neuroinflammation and transmission of pathological proteins. *Frontiers in Neurology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1708655>
- Chen, P., Wang, F., Ling, B., Zhu, Y., Lin, H., Huang, J., & Wang, X. (2025). Mesenchymal Stem Cell-Derived Extracellular Vesicles: Emerging Therapies for Neurodegenerative Diseases. *International Journal of Nanomedicine*, 20, 8547 - 8565. <https://doi.org/10.2147/ijn.s526945>
- Dehghani, S., Ocakçı, O., Hatipoglu, P. T., Özalp, V. C., & Tevlek, A. (2025). Exosomes as Biomarkers and Therapeutic Agents in Neurodegenerative Diseases: Current Insights and Future Directions. *Molecular Neurobiology*, 62, 9190 - 9215. <https://doi.org/10.1007/s12035-025-04825-5>
- Deng, Z., Chen, H., Chen, J., Du, Z., Zhou, W., & Yuan, Z. (2025). Multifaceted roles of extracellular vesicles in the interplay of neuroinflammation and neurodegenerative diseases.. *Biochimica et biophysica acta. Molecular basis of disease*, 1871 7, 167960. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2025.167960>
- Izquierdo-Altarejos, P., Moreno-Manzano, V., & Felipe, V. (2023). Pathological and therapeutic effects of extracellular vesicles in neurological and neurodegenerative diseases. *Neural Regeneration Research*, 19, 55 - 61. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.375301>
- Kim, K. Y., Shin, K. Y., & Chang, K.-A. (2024). Potential Exosome Biomarkers for Parkinson's Disease Diagnosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 25. <https://doi.org/10.3390/ijms25105307>
- Nouri, Z., Barfar, A., Perseh, S., Motasadizadeh, H., Maghsoudian, S., Fatahi, Y., Nouri, K., Yektakasmaei, M. P., Dinarvand, R., & Atyabi, F. (2024). Exosomes as therapeutic and drug delivery vehicle for neurodegenerative diseases. *Journal of Nanobiotechnology*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12951-024-02681-4>
- Rastogi, S., Sharma, V., Bharti, P. S., Rani, K., Modi, G., Nikolajeff, F., & Kumar, S. (2021). The Evolving Landscape of Exosomes in Neurodegenerative Diseases: Exosomes Characteristics and a Promising Role in Early Diagnosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 22. <https://doi.org/10.3390/ijms22010440>
- Ruan, J., Miao, X., Schlüter, D., Lin, L., & Wang, X. (2021). Extracellular vesicles in neuroinflammation: pathogenesis, diagnosis, and therapy.. *Molecular therapy : the journal of the American Society of Gene Therapy*. <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2021.04.020>
- Singh, G., Mehra, A., Arora, S., Gugulothu, D., Vora, L. K., Prasad, R., & Khatri, D. (2024). Exosome-mediated delivery and regulation in neurological disease progression.. *International journal of biological macromolecules*, 130728 . <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130728>
- Tang, N. (2023). Exosomes in multiple sclerosis and Alzheimer's disease – Adversary and ally. *Biomedical Journal*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.100665>
- Upadhyay, R., Zingg, W., Shetty, S., & Shetty, A. (2020). Astrocyte-derived Extracellular Vesicles: Neuroreparative Properties and Role in the Pathogenesis of Neurodegenerative Disorders. *Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society*, 323, 225 - 239. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.04.017>
- Wang, X., Zhou, Y., Gao, Q., Ping, D., Wang, Y., Wu, W., Lin, X., Fang, Y., Zhang, J., & Shao, A. (2020). The Role of Exosomal microRNAs and Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3232869>

- Wang, Z., Wen, Z.-J., Xu, H.-M., Zhang, Y., & Zhang, Y.-F. (2022). Exosomal noncoding RNAs in central nervous system diseases: biological functions and potential clinical applications. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.1004221>
- Xia, X., Wang, Y., Huang, Y., Zhang, H., Lu, H., & Zheng, J. C. (2019). Exosomal miRNAs in central nervous system diseases: biomarkers, pathological mediators, protective factors and therapeutic agents. *Progress in neurobiology*, 183, 101694 - 101694. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.101694>
- Zhang, S., Yang, Y., Lv, X., Zhou, X., Zhao, W., Meng, L., Zhu, S., Zhang, Z., & Wang, Y. (2024). Exosome Cargo in Neurodegenerative Diseases: Leveraging Their Intercellular Communication Capabilities for Biomarker Discovery and Therapeutic Delivery. *Brain Sciences*, 14. <https://doi.org/10.3390/brainsci14111049>

MEZENKİMAL KÖK HÜCRE KAYNAKLI EKSOZOMLAR: HÜCRESİZ REJENERATİF TEDAVİLERDE YENİ BİYOLOJİK PLATFORMLAR

Doç. Dr. Leyla BAHAR

Mersin Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kök Hücre ve Rejeneratif Tıp AD
leylabahar@mersin.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6910-6167

Özet

Rejeneratif tıp, hasarlanmış dokuların fonksiyonlarını yeniden kazanmasını hedefleyen yenilikçi yaklaşımlar arasında hızla gelişen bir araştırma alanıdır. Geleneksel kök hücre tedavileri, farklılaşma kapasitesi ve parakrin etkileri nedeniyle umut verici sonuçlar ortaya koysa da; immün yanıt, kontrolsüz hücre proliferasyonu, tümör oluşumu riski ve standardizasyon sorunları klinik uygulamalarda önemli sınırlılıklar oluşturmaktadır. Bu nedenle son yıllarda kök hücrelerin terapötik etkilerinin önemli bir bölümünden sorumlu olan hücresel olmayan bileşenlere, özellikle ekstrasellüler veziküllere ve eksozomlara yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Mezenkimal kök hücre kaynaklı eksozomlar; mikroRNA, haberci RNA, proteinler, lipitler ve büyüme faktörleri gibi biyolojik olarak aktif molekülleri taşıyan doğal nanoveziküllerdir. Bu özellikleri sayesinde hedef hücrelerle iletişim kurarak inflamatuvar yanıtın düzenlenmesi, anjiyogenezin desteklenmesi, fibroblast aktivasyonu, ekstrasellüler matriks yeniden yapılanması ve doku homeostazının sağlanmasında kritik rol oynarlar. Güncel araştırmalar, kök hücre eksozomlarının yara iyileşmesi, kardiyovasküler hasar, nörolojik bozukluklar, kas-iskelet sistemi hastalıkları ve immün ilişkili patolojilerde potansiyel terapötik ajanlar olabileceğini göstermektedir. Hücresiz tedavi yaklaşımı olarak eksozom temelli uygulamalar; düşük immünojenisite, biyouyumluluk, hedef molekül taşıma kapasitesi ve daha güvenli biyolojik profil gibi avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte eksozom izolasyon yöntemlerinin standardizasyonu, karakterizasyon kriterleri, doz optimizasyonu ve klinik güvenilirlik gibi konular halen çözülmesi gereken önemli sorunlardır.

Sonuç olarak, kök hücre eksozomları, hücre temelli tedavilerin sınırlılıklarını aşma potansiyeline sahip yeni nesil rejeneratif tıp platformları arasında yer almakta ve kişiselleştirilmiş, güvenli ve etkili tedavi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir gelecek vadetmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eksozom, Mezenkimal kök hücre, Rejeneratif tıp, Hücresiz tedavi

MESENCHYMAL STEM CELL-DERIVED EXOSOMES: NEW BIOLOGICAL PLATFORMS IN CELL-FREE REGENERATIVE THERAPIES**Assoc. Prof. Dr. Leyla BAHAR****Mersin University, Institute of Health Sciences, Department of Stem Cell and Regenerative Medicine
leylabahar@mersin.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6910-6167****Abstract**

Regenerative medicine is a rapidly developing research field among innovative approaches aimed at restoring the function of damaged tissues. While traditional stem cell therapies have shown promising results due to their differentiation capacity and paracrine effects, issues such as immune response, uncontrolled cell proliferation, risk of tumor formation, and standardization pose significant limitations in clinical applications. Therefore, in recent years, research has accelerated towards the non-cellular components responsible for a significant portion of the therapeutic effects of stem cells, particularly extracellular vesicles and exosomes.

Mesenchymal stem cell-derived exosomes are naturally occurring nanovesicles carrying biologically active molecules such as microRNA, messenger RNA, proteins, lipids, and growth factors. Thanks to these properties, they play a critical role in communicating with target cells, regulating the inflammatory response, supporting angiogenesis, activating fibroblasts, remodeling the extracellular matrix, and maintaining tissue homeostasis. Current research indicates that stem cell exosomes may be potential therapeutic agents in wound healing, cardiovascular damage, neurological disorders, musculoskeletal diseases, and immune-related pathologies. Exosome-based applications as a cell-free treatment approach offer advantages such as low immunogenicity, biocompatibility, target molecule delivery capacity, and a safer biological profile. However, issues such as standardization of exosome isolation methods, characterization criteria, dose optimization, and clinical safety are still important problems to be solved.

In conclusion, stem cell exosomes are among the next-generation regenerative medicine platforms with the potential to overcome the limitations of cell-based therapies and hold significant promise for the development of personalized, safe, and effective treatment strategies.

Keywords: Exosome, Mesenchymal stem cell, Regenerative medicine, Cell-free treatment

1. GİRİŞ

Rejeneratif tıp, hasarlanmış doku ve organların yapısal ve işlevsel bütünlüğünü yeniden kazandırmayı amaçlayan hızla gelişen disiplinler arası bir alandır (Zhanjun, 2020). Bu alanda mezenkimal kök hücreler (MSC'ler), immünomodülatör özellikleri, çok yönlü farklılaşma kapasiteleri ve doku onarımını destekleyen parakrin etkileri nedeniyle uzun süredir dikkat çekmektedir (Kou, 2022; Lotfy, 2023; Zhanjun, 2020). Bununla birlikte, klasik hücre temelli tedavilerin klinik kullanımı; hücrelerin depolanması, canlılığının korunması, biyodağılımı, olası immün yanıt, mikrovasküler tıkanma ve tümörijenite gibi çeşitli güvenlik ve uygulama sorunları nedeniyle sınırlanmaktadır (Lotfy, 2023; Zhanjun, 2020; Zhou, 2023).

Son yıllarda MSC tedavisinin yararlı etkilerinin büyük ölçüde doğrudan hücre yerleşiminden değil, hücrelerin salgıladığı parakrin bileşenlerden kaynaklandığı görüşü güçlenmiştir (Lotfy, 2023; Nikfarjam, 2020; Varderidou-Minasian, 2020). Bu bağlamda eksozomlar, MSC'lerin terapötik etkilerini taşıyan başlıca hücreler olmayan aracı yapılar olarak öne çıkmıştır (Kou, 2022; Nikfarjam, 2020; Zhanjun, 2020). Eksozomlar genellikle 30–150 nm boyut aralığında tanımlanan, lipid çift tabakalı, protein, lipid, mRNA, miRNA ve diğer biyolojik olarak aktif molekülleri taşıyan nano-veziküllerdir (Hassanzadeh, 2021; Zhanjun, 2020; Zhou, 2023). Bu taşıyıcı özellikleri sayesinde alıcı hücrelerin sinyal yollarını, gen ekspresyonunu ve fonksiyonel yanıtlarını düzenleyerek doku mikroçevresini değiştirebilirler (Casado-Díaz, 2020; Nikfarjam, 2020; Zou, 2023). MSC kaynaklı eksozomlar, canlı hücre kullanılmadan rejeneratif yanıt oluşturabilmeleri nedeniyle hücresiz tedavi yaklaşımının en dikkat çekici platformlarından biri haline gelmiştir (Janockova, 2021; Lotfy, 2023; Zhanjun, 2020). Düşük immünojenisite, göreceli biyoyumluluk, daha kolay depolama ve uygulama avantajı, bu yapıları klasik MSC nakline göre cazip kılmaktadır (Kou, 2022; Roszkowski, 2024; Zhou, 2023). Ayrıca MSC-eksozomlarının, ana hücrelerin terapötik etkilerine benzer sonuçlar oluşturabildiği ve bazı deneysel modellerde MSC sekretomunun yara iyileşmesinde hücrelerin kendisine benzer ya da daha güçlü etkiler gösterebildiği bildirilmiştir (Hade, 2021; Nikfarjam, 2020; Varderidou-Minasian, 2020).

1.1. Eksozomların Biyolojik Özellikleri ve Etki Mekanizmaları

Eksozomların terapötik değerinin temelinde, kaynak aldıkları hücrenin biyolojik özelliklerini kısmen yansıtan zengin bir moleküler kargo taşımaları yer alır (Ha, 2020; Nikfarjam, 2020; Varderidou-Minasian, 2020). Bu kargo; proteinler, sitokinler, büyüme faktörleri, mRNA'lar, mikroRNA'lar, transkripsiyon faktörleri ve çeşitli lipid bileşenlerinden oluşur (Hade, 2021; Hassanzadeh, 2021; Zhanjun, 2020). Ancak bu içerik sabit değildir; MSC'nin köken aldığı doku, hücrenin fizyolojik durumu ve kültür koşulları eksozom kargosunu ve dolayısıyla biyolojik etkisini değiştirebilir (Casado-Díaz, 2020; Kou, 2022; Mahheidari, 2025).

MSC-eksozomlarının en tutarlı etkileri; inflamasyonun düzenlenmesi, anjiyogenezin desteklenmesi, hücre proliferasyonu ve migrasyonunun artırılması, apoptozun baskılanması ve ekstrasellüler matriks yeniden yapılanmasının yönlendirilmesi şeklinde özetlenebilir (Mahheidari, 2025; Roszkowski, 2024; Uminska, 2025). Özellikle kronik yara modellerinde inflamatuvar fazın uzaması iyileşmeyi bozan temel nedenlerden biridir ve MSC kaynaklı eksozomlar bu aşamada immün yanıtı yeniden dengeleyerek tedavi edici etki gösterebilir (Casado-Díaz, 2020; Hu, 2022; Uminska, 2025). Anti-inflamatuvar etkinin önemli bir bölümü, makrofaj polarizasyonunun M1 fenotipinden M2 fenotipine kaydırılmasıyla ilişkilidir (Ding, 2023; Roszkowski, 2024; Uminska, 2025). Nitekim bazı çalışmalar, miR-21, miR-146a ve miR-181 gibi düzenleyici miRNA'ların proinflamatuvar genleri baskılayarak bu dönüşümde rol aldığını bildirmiştir (Roszkowski, 2024).

Anjiyogenez de MSC-eksozomlarının rejeneratif etkilerinin merkezinde yer alır. Yara yatağında yeni damar oluşumunun desteklenmesi, oksijen ve besin taşınmasını artırarak granülasyon dokusunun gelişimini ve epitelizeasyonu hızlandırır (Casado-Díaz, 2020; Uminska, 2025; Zhanjun, 2020). Bu etki PI3K/AKT, ERK, STAT3, HIF-1 α ve Wnt/ β -katenin gibi çeşitli sinyal yolları üzerinden gerçekleşmektedir (Hade, 2021; Mahheidari, 2025; Zhanjun, 2020). Özellikle Wnt4 içeren MSC-eksozomlarının re-epitelizasyon ve hücre

proliferasyonu üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu, Wnt4 ekspresyonunun bozulmasının ise terapötik etkiyi azalttığı gösterilmiştir (Zhanjun, 2020).

MSC-eksozomları aynı zamanda fibroblastlar, keratinositler ve endotelyal hücreler gibi yara iyileşmesinde görevli ana hücre popülasyonlarının davranışını doğrudan etkiler (Casado-Díaz, 2020; Uminska, 2025; Zhou, 2023). Deneyisel modellerde fibroblast proliferasyonunu ve migrasyonunu artırdığı, kollajen tip I ve III üretimini düzenlediği ve elastin sekresyonunu desteklediği bildirilmiştir (Hade, 2021; Uminska, 2025; Zhanjun, 2020). Bunun sonucu olarak yara kapanması hızlanmakta, kollajen organizasyonu olgunlaşmakta ve aşırı fibrozis ile skar oluşumu azalabilmektedir (Casado-Díaz, 2020; Ding, 2023; Zhanjun, 2020).

2. Rejeneratif Tıpta Uygulama Alanları

MSC kaynaklı eksozomlar yalnızca deri yara iyileşmesinde değil, daha geniş bir rejeneratif tıp spektrumunda potansiyel taşımaktadır. Derlemeler, bu yapıların böbrek, karaciğer, kardiyovasküler sistem, sinir sistemi, kas-iskelet sistemi ve immün ilişkili hastalıklarda araştırıldığını göstermektedir (Ha, 2020; Nikfarjam, 2020; Zhanjun, 2020). Bu geniş uygulama alanı, MSC-eksozomlarının ortak biyolojik işlevlerinin farklı doku bağlamlarında da yararlı olabileceğini düşündürmektedir (Cheng, 2017; Kou, 2022; Zou, 2023). Bununla birlikte en yoğun veri birikimi kutanöz yara iyileşmesi alanındadır. Kronik cilt ülserleri, diyabetik yaralar, yanıklar ve travmatik doku kayıplarında MSC-eksozomlarının yara kapanmasını hızlandırdığı, re-epitelizasyonu desteklediği ve skar genişliğini azalttığı tekrar tekrar bildirilmiştir (Casado-Díaz, 2020; Hu, 2022; Zhanjun, 2020). Diyabetik ve inflamatuvar yara modellerinde, etkilerin yalnızca doku yenilenmesiyle sınırlı olmadığı; aynı zamanda kronik inflamasyonun baskılanması ve hücresel mikroçevrenin daha rejeneratif bir fenotipe kaydırılmasıyla ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Roszkowski, 2024; Uminska, 2025; Zhou, 2023).

Daha ileri doku mühendisliği uygulamalarında eksozomların biyomalzemelerle birlikte kullanımı da dikkat çekmektedir. Hidrojeller, kollajen veya kitosan temelli üç boyutlu iskeleler ve elektrospun nanofiber yapılar, eksozomların yara bölgesinde daha uzun süre tutulmasını ve kontrollü salınmasını sağlayabilir (Hade, 2021; Mahheidari, 2025; Nallakumarasamy, 2022). Bazı çalışmalar, jel içine yüklenen eksozomların tek seferlik doğrudan uygulamaya göre daha yararlı olabildiğini ve salınımın günler boyunca sürdürülebildiğini bildirmiştir (Hade, 2021; Uminska, 2025). Bu yaklaşım, özellikle kronik yaralarda biyolojik etkinin sürekliliğini artırma açısından önemlidir (Hade, 2021; Nallakumarasamy, 2022). Ayrıca eksozomların biyomühendislik yoluyla güçlendirilmesi de gelişen bir araştırma alanıdır. MSC'lerin önkoşullandırılması, eksozom kargosunun değiştirilmesi ve hedefe yönelik terapötik molekül taşınması gibi stratejilerin etkinliği artırabileceği belirtilmektedir (Cheng, 2017; Hassanzadeh, 2021; Roszkowski, 2024). Örneğin melatonin ile önkoşullandırılmış MSC'lerden elde edilen eksozomların, diyabetik yara modelinde IL-1 β ve TNF- α düzeylerini daha güçlü baskıladığı ve IL-10 düzeyini artırdığı bildirilmiştir (Roszkowski, 2024).

2.1. Hücre Temelli Tedavilere Göre Avantajlar

MSC-eksozomlarının klinik ilgi görmesinin başlıca nedeni, MSC uygulamasının biyolojik avantajlarını hücresiz bir formatta sunabilmesidir. Literatür, MSC-eksozomlarının ana hücrelere göre daha düşük immünojenisite, daha az infüzyon ilişkili toksisite ve daha düşük mikrovasküler oklüzyon riski taşıdığını vurgulamaktadır (Lotfy, 2023; Nikfarjam, 2020; Zhanjun, 2020). Buna ek olarak, bazı derlemelerde eksozomların tümörijenite ve immün reddedilme gibi canlı hücre transplantasyonuna özgü riskleri azaltabileceği belirtilmektedir (Hu, 2019). Uygulama ve lojistik açıdan da belirgin üstünlükler vardır. Eksozomların hazırlanması, saklanması, taşınması ve dozlanması, canlı hücre ürünlerine göre daha yönetilebilir görünmektedir (Hade, 2021; Hu, 2019; Zhou, 2023). Ayrıca hedef hücrelere fonksiyonel molekül taşıma kabiliyeti, onları doğal biyolojik taşıyıcılar haline getirmekte ve ilaç veya gen yükleme platformu olarak kullanılabilme potansiyeli sunmaktadır (Cheng, 2017; Ding, 2023; Nikfarjam, 2020).

Bununla birlikte, bu avantajlar mutlak değildir ve çoğu karşılaştırma halen preklinik veya derleme düzeyindedir. Mevcut kanıtlar, MSC-eksozomlarının hücre temelli tedavilere güçlü bir alternatif oluşturduğunu düşündürmektedir; ancak hangi klinik durumda gerçekten üstün oldukları sorusu henüz kesin biçimde yanıtlanmış değildir (Janockova, 2021; Uminska, 2025; Varderidou-Minasian, 2020).

3. Klinik Çerçeve Önündeki Sınırlılıklar

MSC-eksozomları için en önemli sorun, umut verici biyolojik etkinliğe rağmen klinik uygulamanın henüz erken aşamada olmasıdır. Çok sayıda çalışma yara iyileşmesi, kemik ve kırıkta rejenerasyonu gibi alanlarda olumlu sonuçlar bildirirse de verilerin büyük bölümü preklinik modellere dayanmaktadır (Casado-Díaz, 2020; Roszkowski, 2024). İnsan çalışmalarının sayısı artmaktadır, ancak bunlar hâlen güvenlik, doz, uygulama yolu ve üretim standardı gibi temel translasyon sorularını çözme aşamasındadır (Janockova, 2021; Lotfy, 2023). Bir diğer temel güçlük, izolasyon ve karakterizasyon heterojenitesidir. Farklı laboratuvarlarda kullanılan saflaştırma, zenginleştirme ve tanımlama yöntemleri, ürün saflığını ve biyolojik etkinliği önemli ölçüde değiştirebilir (Nikfarjam, 2020; Roszkowski, 2024; Varderidou-Minasian, 2020). Bu nedenle son yıllardaki derlemeler, vezikül boyutu, belirteç profili, saflık düzeyi, kontaminasyon sınırları ve kalite kontrol basamakları için standardize rehberlere duyulan gereksinimi açık biçimde vurgulamaktadır (Ha, 2020; Kou, 2022; Uminska, 2025).

Doz optimizasyonu ve büyük ölçekli üretim de çözülmemiş sorunlar arasındadır. Klinik olarak anlamlı miktarda eksozom elde edilmesi, ürünler arası tutarlılığın sağlanması ve GMP-uyumlu üretim süreçlerinin kurulması henüz tam olgunlaşmamıştır (Hassanzadeh, 2021; Roszkowski, 2024; Uminska, 2025). Ayrıca eksozomların kaynak hücreye, hücre yaşına, kültür koşullarına ve önkoşullandırmaya bağlı olarak değişen heterojen yapısı, biyolojik etkinin öngörülebilirliğini azaltmaktadır (Casado-Díaz, 2020; Janockova, 2021; Mahheidari, 2025).

Güvenlilik açısından da dikkatli olunmalıdır. Eksozomlar canlı hücrelere göre daha güvenli görünse de uzun dönem biyodağılım, hedef dışı etki, bağışıklık sistemiyle etkileşim ve tekrarlayan uygulamaların sonuçları yeterince net değildir (Hu, 2019; Lotfy, 2023; Zou, 2023). Özellikle çoğu mekanistik bilginin rodent modellerinden elde edilmiş olması, insan fizyolojisine doğrudan genelleme yapılmasını sınırlar (Hu, 2019; Uminska, 2025).

4. Sonuç

Mezenkimal kök hücre kaynaklı eksozomlar, rejeneratif tıpta hücresiz biyolojik platformlar arasında en güçlü adaylardan biri olarak görünmektedir. Mevcut literatür, bu yapıların inflamasyonu düzenleme, anjiyogenezi artırma, fibroblast ve keratinosit aktivitesini destekleme, ekstrasellüler matriks yeniden yapılanmasını yönlendirme ve skar oluşumunu azaltma gibi çoklu mekanizmalar üzerinden doku onarımını hızlandırabildiğini göstermektedir (Hu, 2022; Roszkowski, 2024; Uminska, 2025).

Bununla birlikte alanın bugünkü durumu, güçlü preklinik umut ile sınırlı klinik olgunluk arasındaki farkla tanımlanmaktadır. Standardize izolasyon ve karakterizasyon yöntemleri, dozlama stratejileri, büyük ölçekli üretim, kalite kontrol, düzenleyici uyum ve uzun dönem güvenlik verileri güçlendirilmeden MSC-eksozomlarının rutin klinik tedavilere dönüşmesi zor görünmektedir (Mahheidari, 2025; Roszkowski, 2024; Uminska, 2025). Sonuç olarak, mezenkimal kök hücre kaynaklı eksozomlar hücre temelli tedavilerin sınırlılıklarını aşma potansiyeli taşıyan yeni nesil bir yaklaşımı temsil etmektedir; ancak bu potansiyelin güvenli ve etkili klinik uygulamaya dönüşmesi için daha güçlü insan verilerine ihtiyaç vardır (Ding, 2023; Janockova, 2021; Kou, 2022).

KAYNAKLAR

- Casado-Díaz, A., Quesada-Gomez, J. M., & Dorado, G. (2020). Extracellular Vesicles Derived From Mesenchymal Stem Cells (MSC) in Regenerative Medicine: Applications in Skin Wound Healing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00146>
- Ding, J.-Y., Chen, M.-J., Wu, L.-F., Shu, G., Fang, S.-J., Li, Z.-Y., Chu, X., Li, X.-K., Wang, Z.-G., & Ji, J.-S. (2023). Mesenchymal stem cell-derived extracellular vesicles in skin wound healing: roles, opportunities and challenges. *Military Medical Research*, 10. <https://doi.org/10.1186/s40779-023-00472-w>
- Ha, D., Kim, H.-K., Lee, J., Kwon, H., Park, G.-H., Yang, S. H., Jung, J., Choi, H., Lee, J. H., Sung, S., Yi, Y., & Cho, B. S. (2020). Mesenchymal Stem/Stromal Cell-Derived Exosomes for Immunomodulatory Therapeutics and Skin Regeneration. *Cells*, 9. <https://doi.org/10.3390/cells9051157>
- Hade, M. D., Suire, C. N., & Suo, Z. (2021). Mesenchymal Stem Cell-Derived Exosomes: Applications in Regenerative Medicine. *Cells*, 10. <https://doi.org/10.3390/cells10081959>
- Hassanzadeh, A., Rahman, H., Markov, A., Endjun, J. J., Zekiy, A., Chartrand, M., Beheshtkhoo, N., Kouhbanani, M. A. J., Marofi, F., Nikoo, M., & Jarahian, M. (2021). Mesenchymal stem/stromal cell-derived exosomes in regenerative medicine and cancer; overview of development, challenges, and opportunities. *Stem Cell Research & Therapy*, 12. <https://doi.org/10.1186/s13287-021-02378-7>
- Hu, J.-C., Zheng, C., Sui, B., Liu, W., & Jin, Y. (2022). Mesenchymal stem cell-derived exosomes: A novel and potential remedy for cutaneous wound healing and regeneration. *World Journal of Stem Cells*, 14, 318 - 329. <https://doi.org/10.4252/wjsc.v14.i5.318>
- Janockova, J., Slovinská, L., Harvanová, D., Spakova, T., & Rosocha, J. (2021). New therapeutic approaches of mesenchymal stem cells-derived exosomes. *Journal of Biomedical Science*, 28. <https://doi.org/10.1186/s12929-021-00736-4>
- Kou, M., Huang, L., Yang, J., Chiang, Z., Chen, S.-Y., Liu, J., Guo, L., Zhang, X., Zhou, X., Xu, X., Yan, X., Wang, Y., Zhang, J., Xu, A., Tse, H., & Lian, Q. (2022). Mesenchymal stem cell-derived extracellular vesicles for immunomodulation and regeneration: a next generation therapeutic tool?. *Cell Death & Disease*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41419-022-05034-x>
- Lotfy, A., AboQuella, N. M., & Wang, H. (2023). Mesenchymal stromal/stem cell (MSC)-derived exosomes in clinical trials. *Stem Cell Research & Therapy*, 14. <https://doi.org/10.1186/s13287-023-03287-7>
- Mahheidari, N., Alizadeh, M., Rashidi, M., & Rezakhani, L. (2025). Potential of mesenchymal stem cells and exosomes in tissue engineering: Emerging strategies for skin regeneration and advanced wound healing.. *Tissue & cell*, 98, 103201 . <https://doi.org/10.1016/j.tice.2025.103201>
- Nikfarjam, S., Rezaie, J., Zolbanin, N. M., & Jafari, R. (2020). Mesenchymal stem cell derived-exosomes: a modern approach in translational medicine. *Journal of Translational Medicine*, 18. <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02622-3>
- Roszkowski, S. (2024). Therapeutic potential of mesenchymal stem cell-derived exosomes for regenerative medicine applications. *Clinical and Experimental Medicine*, 24. <https://doi.org/10.1007/s10238-023-01282-z>
- Uminska, W., Fekner, Z., Kasiński, D., & Pokrywczyńska, M. (2025). Extracellular vesicles from mesenchymal stem/stromal cells as emerging tools in wound healing: mechanisms and therapeutic potential. *Stem Cell Research & Therapy*, 17. <https://doi.org/10.1186/s13287-025-04813-5>

Varderidou-Minasian, S., & Lorenowicz, M. (2020). Mesenchymal stromal/stem cell-derived extracellular vesicles in tissue repair: challenges and opportunities. *Theranostics*, 10, 5979 - 5997. <https://doi.org/10.7150/thno.40122>

Yang Z, J., Lu, Y.-B., Liu, Z., & Wang, X. (2020). Mesenchymal stem cell-derived exosomes: Toward cell-free therapeutic strategies in regenerative medicine. *World Journal of Stem Cells*, 12, 814 - 840. <https://doi.org/10.4252/wjsc.v12.i8.814>

Zhou, C., Zhang, B., Yang, Y., Jiang, Q., Li, T., Gong, J., Tang, H.-B., & Zhang, Q. (2023). Stem cell-derived exosomes: emerging therapeutic opportunities for wound healing. *Stem Cell Research & Therapy*, 14. <https://doi.org/10.1186/s13287-023-03345-0>

OBSTETRİK ŞİDDET VE KADIN SAĞLIĞI HEMŞİRELERİNİN ROLÜ**Doç. Dr. Özlem DOĞAN YÜKSEKOL¹, Öğr. Gör. Sinan İRTEGÜN²****¹Yozgat Bozok Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Yozgat, Türkiye E:mail:ozlem193523@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1761-1479****²Ardahan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Programı, Ardahan, Türkiye, Email:sinanirtegun@ardahan.edu.tr ORCID:0000-0001-6828-9419****Özet**

Obstetrik şiddet, kadınlar açısından temel insan haklarının ihlali olarak kabul edilmektedir ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) obstetrik şiddetin önlenmesi için çağrıda bulunmuştur. Obstetrik şiddet, doğum sırasında kadınlara yönelik kötü muameleyi ifade etmektedir. Obstetrik şiddet; fiziksel şiddet, özerklik kaybı, bilgilendirilmiş onam olmadan işlem yapılması, bağırılma, azarlanma, aşağılanma, tehdit edilme ve yardım taleplerinin görmezden gelinmesi, yardım taleplerinin reddedilmesi gibi durumları içerebilir. Obstetrik şiddet kadın sağlığını farklı şekillerde etkileyebilir. Obstetrik şiddet deneyimi kadınlarda, doğum sonrası depresyon, doğumun travmatik algılanması, travma sonrası stres bozukluğu gelişimine katkı sağlayabilir. Ayrıca kadınların cinselliklerini olumsuz yönde etkileyebilir, doğum eylemi sırasında komplikasyon gelişmesine neden olabilir ve kadınların sağlık sistemine ve sağlık hizmeti sağlayıcılarına güvenlerinin azalmasına neden olabilir. Obstetrik şiddet, çok boyutlu bir yaklaşım ve kadın doğum hemşireleri dahil olmak üzere farklı disiplinlerden katkılar gerektiren çok yönlü ve karmaşık bir olgudur. Bu derlemede obstetrik şiddet kavramı ve kadın sağlığının korunması ve geliştirilmesine yönelik çok boyutlu fonksiyonları bulunan kadın sağlığı hemşirelerinin rollerinin açıklanması amaçlanmıştır.

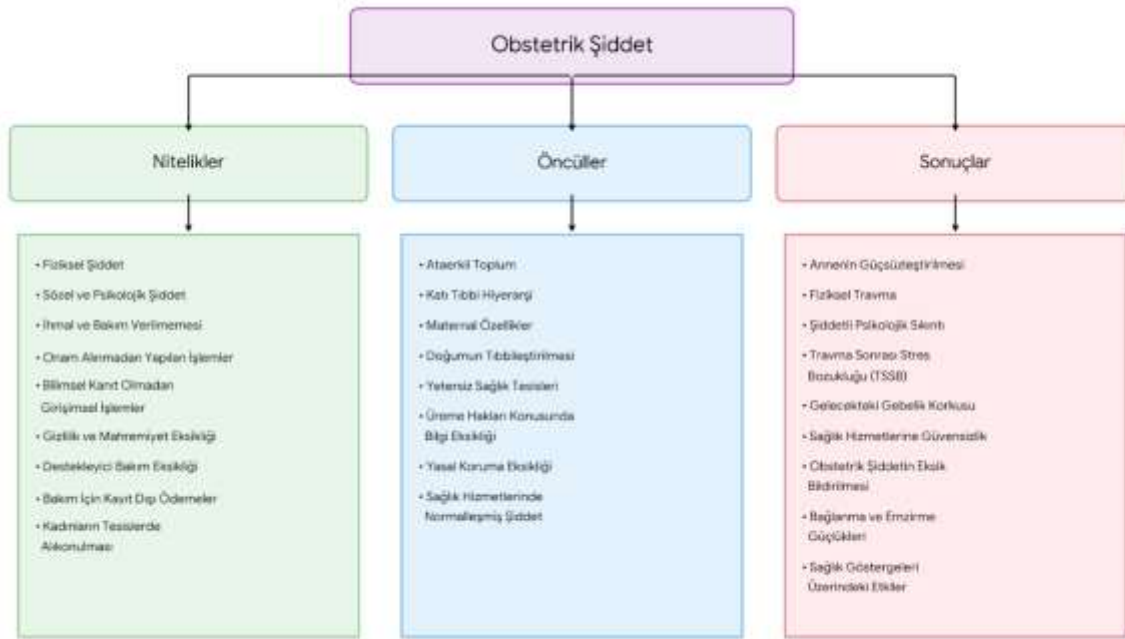
Anahtar Kelimeler: Obstetrik şiddet, kadın sağlığı, hemşirelik**Abstract**

Obstetric violence is considered a violation of fundamental human rights for women, and the World Health Organization (WHO) has called for its prevention. Obstetric violence refers to ill-treatment of women during childbirth. It can include physical violence, loss of autonomy, procedures performed without informed consent, shouting, scolding, humiliation, threats, and ignoring or refusing requests for help. Obstetric violence can affect women's health in various ways. Experiences of obstetric violence can contribute to the development of postpartum depression, a traumatic perception of childbirth, and post-traumatic stress disorder. It can also negatively impact women's sexuality, lead to complications during labor, and reduce women's trust in the healthcare system and healthcare providers. Obstetric violence is a multifaceted and complex phenomenon requiring a multidimensional approach and contributions from different disciplines, including obstetric nurses. This review aims to explain the concept of obstetric violence and the roles of women's health nurses, who have multidimensional functions in protecting and improving women's health.

Keywords: Obstetric violence, women's health, nursing

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), doğum sürecinde kadınlara yönelik şiddetin ele alınması, değerlendirilmesi ve ortadan kaldırılmasının önemini vurgulamıştır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2014 yılında fiziksel taciz, sözlü taciz, aşığılama, zorlayıcı veya rıza dışı muamele, mahremiyete saygısızlık, ağrı kesici vermeyi reddetme, sağlık kurumuna kabulü reddetme, doğum sırasında ihmal, yaşamı tehlikeye atma ve kadınları ve yenidoğanları hastanede tutma gibi tutumları sağlık kurumlarında saygısız ve saldırgan davranış olarak tanımlamıştır(1). DSÖ doğrudan “obstetrik şiddet” (OV) terimini kullanmamaktadır. Araştırmacılar arasında terminoloji ve tanım konusunda bir fikir birliği yoktur(2). Chervenak ve arkadaşları “obstetrik şiddet” teriminin yanlış bir ifade olduğunu ve bu terim yerine “obstetrik kötü muamele” ifadesinin kullanılmasının daha doğru olduğunu belirtmişlerdir (3). İlk olarak 2007 yılında Güney Amerika'da ortaya atılan obstetrik şiddet terimi, doğum sürecinde kötü muamele de dahil olmak üzere çeşitli şiddet biçimlerini kapsamaktadır (4). Obstetrik şiddet, sağlık personeli tarafından insan vücudunun ve üreme süreçlerinin sahiplenilmesi, insanlık dışı muamele, ilaç kötüye kullanımı ve doğal süreçlerin patolojik süreçlere dönüştürülmesi yoluyla özerklik ve yetenek kaybına yol açması olarak tanımlanabilir (5). Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre, her yıl dünya çapında yaklaşık 140 milyon doğum gerçekleşmektedir. Bu doğumların çoğu anneler ve bebekleri için risk faktörü veya komplikasyon olmadan gerçekleşebilmektedir (6). Kadınlar olumlu bir doğum deneyimi hayal etmektedir. Kadınlar için olumlu deneyimi ancak, sürekli bakım ve duygusal destek sağlanması, sağlıklı ve psikolojik olarak güvenli bir ortam sağlanması, kendilerine saygı duyulması, özerklik duygusunun korunduğu, gereksiz tıbbi müdahalelerin yapılmadığı doğumlar ile sağlanabilmektedir. Doğum deneyimlerinin kalitesini artırmak için, insan hakları ilkelerine dayanan bütünsel bir bakış açısını benimseyen kadın merkezli bakım yaklaşımının benimsenmesi esastır. Ne yazık ki, birçok kadın dünya çapındaki tesislerde doğum sırasında saygısız ve kötü muameleye maruz kalmakta, kadınların saygılı bakıma yönelik haklarını ihlal etmekte, aynı zamanda yaşam, sağlık, bedensel bütünlük haklarını tehdit edebilmekte ve bu durum da obstetrik şiddet olarak ifade edilmektedir (7,8). Obstetrik şiddet prevalansı, ülkeden ülkeye farklılıklar göstermekle birlikte yapılan çalışmalarda prevalansı %15 -%97 arasında ifade edilmektedir (9). Ülkemizde Ulaşlı Kaban'ın yapmış olduğu çalışmada kadınların doğumları esnasında en fazla maruz kaldığı ilk üç şiddet türü sırasıyla; oral alımın kısıtlanması (%73.3), izinsiz vajinal muayene (%46.2), ten tene temasın geciktirilmesi (%45.5) olarak saptanmıştır (10,11). İspanya'da kadınların %67,4'ü obstetrik şiddet yaşadığını bildirmiştir; fiziksel şiddet en sık bildirilen obstetrik şiddet türü olmuştur (%54,5). Buna karşılık, başka bir çalışma kadınların %38'inin kendilerini obstetrik şiddet yaşamış olarak algıladığını saptamıştır (8). Meksika'da 15- 49 yaş grubu ile yapılan çalışmada kadınların %33.3'ü obstetrik şiddet yaşadıklarını ifade etmiştir (12). Şekil 1'de Obstetrik şiddete yönelik kavramsal çerçeve verilmiştir:



Şekil 1: Doğum sırasında yaşanan obstetrik şiddetin kavramsal modeli. Kaynak: Toftthagen, R.; Fagerstrøm, L.M. Rodgers' evolutionary concept analysis—A valid method for developing knowledge in nursing science. Scand. J. Caring Sci. 2010, 24, 21–31.(17).

Obstetrik şiddet tüm dünyada kadınların sağlığını olumsuz olarak etkilemektedir. Fiziksel hasara ek olarak, psikolojik travma, doğum sonrası depresyon ve travma sonrası stres bozukluğu (TSSB), evlilik ilişkisinde bozulma, anne-bebek bağlanmasında zorluklar, emzirme problemlerine neden olmaktadır. Doğum sırasında bakım ile ilişkili olumsuz anılar, annenin yeni bir çocuk sahibi isteğini etkileyebilir, sağlık kurumlarına ve sağlık personeline güvenin azalmasına neden olabilir (13,14,15,16). Obstetrik şiddeti etkileyen faktörler arasında evlilik durumu, anne yaşı, eğitim düzeyi, sosyoekonomik durum, ırk, doğum sayısı, ölü doğum veya düşük öyküsü, doğum şekli, doğuma hazırlık, kullanılan anestezi ve doğum yapılan kurumun kamu veya özel olması yer almaktadır (18).

OBSTETRİK ŞİDDETİN TÜRLERİ

Son zamanlarda bazı çalışmalar, 'kötüye kullanım' olarak nitelendirilebilecek uygulamaların sistematik bir sınıflandırmasını yapmaya çalışmış ve 7 kategoride özetlenen çeşitli şiddet türlerini belirlemiştir. Bunlar:

(1) fiziksel istismar; (2) rıza alınmadan bakım; (3) gizliliğe aykırı bakım; (4) onur kırıcı bakım; (5) kadının belirli özelliklerine dayalı ayrımcılık; (6) bakımın ihmal edilmesi, reddedilmesi veya ihmalkarlığı; ve (7) sağlık tesislerinde gözaltı (6) olarak belirlenmiştir(19).

OBSTETRİK ŞİDDETE MÜDAHALEDE HEMŞİRELERİN SORUMLULUKLARI

Doğum öncesi ve sonrası dönemde görev yapan hemşirelerin, bakımını üstlendikleri kişilere yönelik obstetrik şiddeti önleme ve ortadan kaldırma rolleri anne sağlığı açısından oldukça önemlidir. Sağlık çalışanları tarafından gerçekleştirilen istismar ve kötü muamelede kayıtsız kalmak, mesleki etik yükümlülüklerimizle doğrudan ilişkilidir (Amerikan Hemşireler Birliği, 2015). Bu durum, hastalarımızın güvenilir savunucuları olarak desteğimizi bekledikleri bir dönemde, daha derin yalnızlık duygusuna yol açabilir (20).

Doğum öncesi ve sonrası dönemde hemşireler olarak, bedensel özerkliğe, rızaya ve obstetrik şiddeti önleme veya sürdürmedeki rollerine dikkat etmelidir. Travma odaklı bakım, geçmiş travmayı anlamak ve bakım etkileşimlerinde travma ve şiddet potansiyelini azaltmak için bir çerçevedir. Doğum öncesi ve sonrası döneminde hemşireler, travma hakkında bilgi edinerek, travma belirtilerini anlayarak, hastaların özerkliğini desteklemek için onlarla işbirliği yaparak ve yeniden travmatizasyonu önleyerek travma odaklı bakıma katılabilirler.

Doğum öncesi ve sonrası dönemde hemşireler, tipik bakım uygulamalarının hangi yönlerinin obstetrik şiddete katkıda bulunduğunun farkında olmalıdır. Hemşirelerin anneleri koruma görevi bulunmaktadır. Bu görev, potansiyel zararları, zorlamayı ve insanlık dışı davranışları dile getirmeyi ve önlemek için harekete geçmeyi gerektirir (21). Obstetrik şiddeti ilk kez tanıyan ülke Venezueladır. Türkiyede ebe ve hemşireler obstetrik şiddetin gelişmesini önlemek için yapılması planlanan yasal süreçlerde aktif rol almalıdır. Literatürde hem kadınların hem sağlık profesyonellerinin kadına yönelik kötü muameleyi normal karşıladıkları görülmektedir. Obstetrik şiddeti önlemek için ebe ve hemşirelerin eğitim müfredatlarının bu doğrultuda güncellenmesi gerekmektedir. Obstetrik şiddeti önlemek için kadınlarla güvene dayalı, insanca ve özenli bir iletişim kurulması önemlidir (22).

SONUÇ

Obstetrik şiddet, tüm dünyada ve ülkemizde büyük bir sorun ve kadınlar açısından insan hakları ihlalidir. Yaygın ve sürekli varlığı, kadın sağlığı hemşirelerinin bu alanda etkili ve yetkin olarak sorumluluklarının olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Kadın sağlığı hemşireleri, doğum sırasında bakım açısından kadınlarla en çok zaman geçiren sağlık profesyonelleridir. Kadın sağlığı hemşireleri, doğum sırasında obstetrik şiddeti önlemek için benzersiz bir konumdadır. Kadın sağlığı hemşireleri, obstetrik şiddeti azaltmak ve doğum travmasını en aza indirmek için travma odaklı bakım uygulamalarına geçişe öncülük etmelidir.

KAYNAKLAR

1. Organization WH. (2014). The prevention and elimination of disrespect and abuse during facility-based childbirth: WHO statement. World Health Organization, Sexual and Reproductive Health and Research (SRH), p. 1.
2. Karabulut K, Unutkan A. (2025). A phenomenological study on the traces of obstetric violence in women's birth experiences. BMC Pregnancy and Childbirth, 25,1210.
3. Chervenak FA, McLeod-Sordjan R, Pollet SL, De Four Jones M, Gordon MR, Combs A, Bornstein E, Lewis D, Katz A, Warman A, Grünebaum A. (2024). Obstetric violence is a misnomer. Am J Obstet Gynecol.230(3S),S1138–45.
4. Lappeman M, Swartz L. (2019). Rethinking obstetric violence and the “neglect of neglect”: the silence of a labour ward milieu in a South African district hospital. BMC Int Health Hum Rights, 19,1–11.
5. Özer E, Güler D.S. (2025).“Invisible wounds of childbirth”; women's experiences of obstetric violence: a phenomenological qualitative study. Reproductive Health, 22,148.
6. World Health Organization. Intrapartum care for a positive childbirth experience WHO recommendations.(2018). p. 210.Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550215>. Erişim tarihi:21/03/2026).
7. Zampas C, Amin A, O'Hanlon L, Bjerregaard A, Mehrtash H, Khosla R, et al.(2020). Operationalizing a human rights-based approach to address mistreatment against women during childbirth. Health Hum Rights, 22(1),251–64.
8. Reyes-Amargant Z, Fuentes-Pumarola C, Roqueta-Vall-llosera M, Garre-Olmo J, Ballester-Ferrando D and Rascón-Hernán C. (2025). Obstetric violence: perspectives from mothers, midwives, and obstetricians. Front. Glob. Women's Health, 6,1609632. doi: 10.3389/fgwh.2025.1609632.
9. Shetty, RK., Samant, PY., Honavar, PU. (2021). Obstetric violence: a health system study. International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology, 10(4),1551-1561.

10. Ulaşlı, KH. (2022). Kadınların doğum eylemi sırasında algıladıkları obstetrik şiddet göstergelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
11. Işık B, Nazik E. (2023). Obstetric Violence And The Responsibilities Of Midwives/Nurses. Eurasian JHS, 6(3),109-115.
12. Castro R, Frías SM. (2020). Obstetric violence in Mexico: results from a 2016 National Household Survey. Violence Against Women, 26(6-7):555-572.
13. Ferrão ACC, Sim-Sim M., de Almeida VSR, Bilro PCV, Zangão MOB. (2025).Analysis of the concept of obstetric violence: a combination of scoping review and rodgers conceptual analysis methodologies, 7, 97. <https://doi.org/10.3390/sci7030097>.
14. Gomes GMS, Pereira RCLF, Fernandes FECE, Melo RA.(2020). A violência obstétrica na percepção dos profissionais que assistem o parto. Rev. Enferm. Atual. Derme,91, 40–48.
15. Silva-Fernandez CS,de la Calle M, Arribas SM, Garrosa E, Ramiro-Cortijo D. (2023). Factors associated with obstetric violence implicated in the development of postpartum depression and post-traumatic stress disorder: a systematic review. Nurs. Rep,13, 1553–1576.
16. Kujawski S, Mbaruku G, Freedman LP, Ramsey K., Moyo W, Kruk ME.(2015). Association between disrespect and abuse during childbirth and women’s confidence in health facilities in Tanzania. Matern. Child Health J. 2015, 19, 2243–2250.
17. Tofthagen R, Fagerstrøm LM. (2010). Rodgers’ evolutionary concept analysis—a valid method for developing knowledge in nursing science. Scand. J. Caring Sci. 24, 21–31.
18. Martínez-Galiano JM, Martínez-Vazquez S, Rodríguez-Almagro J,Hernández-Martinez A. (2021). The magnitude of the problem of obstetric violence and its associated factors: a cross-sectional study. WomenBirth. 34(5),e526-e536.
19. Bowser D, Hill K. (2010). Exploring Evidence for Disrespect and Abuse in Facility-Based Childbirth Report of a Landscape Analysis; Harvard School of Public Health & University Research Co., LLC: Cambridge, MA,USA.
20. Cleary M.,Wilson S., Jackson D.(2018). Betrayal in nursing: Recognizing the need for authentic and trusting relationships. Issues in Mental Health Nursing. 39(5):447-449.
21. Runyon MC, Irby MN, Pascucci C, Landivar PR. (2023). Exposing the role of labor and delivery nurses as active bystanders in preventing or perpetuating obstetric violence. Nursing For Women Health. 27(5):330-336.
22. Işık B, Nazik E.(2023). Obstetric violence and the responsibilities of midwives/nurses. Eurasian JHS, 6(3): 109-115.

KADIN SAĞLIĞINDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI**Doç. Dr. Özlem DOĞAN YÜKSEKOL¹, Öğr. Gör. Sinan İRTEGÜN²****¹Yozgat Bozok Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Yozgat, Türkiye E:mail:ozlem193523@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1761-1479****²Ardahan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Görüntüleme Programı, Ardahan, Türkiye, Email:sinanirtegun@ardahan.edu.tr ORCID:0000-0001-6828-9419****Özet**

1955 yılında ilk kez kullanılan "Yapay Zeka" (YZ) kavramı başlangıcından bu yana hızlı bir gelişim süreci geçirdi. Yapay zeka kişisel ve toplumsal alanlarımıza giderek daha fazla entegre olmaya başladı. Her alanda etkili olan yapay zeka uygulamalarının kullanımı sağlık alanında hızlıca ilerledi. Yapay zeka destekli teknolojilerin kullanımı son yıllarda tüm alanlarda olduğu gibi kadın sağlığı alanında da giderek artmıştır. Yapay zeka teknolojilerinin kırılgan grup olan kadınların sağlığının korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla kullanımı oldukça önemlidir. Yakın gelecekte daha fazla belgeleme, iletişim kurma ve karar verme süreçlerinin bir parçası olması beklenen yapay zekanın kadın sağlığında kullanılan birçok alanı bulunmaktadır. Menstrüel döngünün takibinden, gebelik dönemi izlemi, postpartum dönem ve jinekolojik kanserlere yönelik geliştirilmiş birçok yapay zeka teknolojisi bulunmaktadır. Yapay zeka teknolojilerinin kadın sağlığına entegre edilmesi ve kullanımının yaygınlaşması kadınların doğru bilgiye erişim oranlarını artıracak, yaşam kalitelerini artıracak ve sağlık problemleri ile başa çıkmalarında katkı sağlayacaktır. Gelecekte kadın sağlığında yapay zekanın kullanımı ile ilgili yeni çalışmalara ihtiyaç artacaktır. Bu nedenle bu derleme yapay zekanın kadın sağlığında kullanım alanlarından bazılarını ele almak için hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, kadın, kadın sağlığı.**Abstract**

The concept of "Artificial Intelligence" (AI), first used in 1955, has undergone rapid development since its inception. AI has become increasingly integrated into our personal and societal lives. While AI applications are effective in every field, their use has rapidly progressed in the healthcare sector. The use of AI-powered technologies has increased significantly in recent years, not only in all areas but also in women's health. The use of AI technologies to protect, improve, and enhance the health of women, a vulnerable group, is extremely important. AI, expected to become an integral part of documentation, communication, and decision-making processes in the near future, has many applications in women's health. Numerous AI technologies have been developed for tracking menstrual cycles, monitoring pregnancy, the postpartum period, and gynecological cancers. The integration and widespread use of AI technologies in women's health will increase women's access to accurate information, improve their quality of life, and contribute to their ability to cope with health problems. In the future, there will be an increasing need for new studies on the use of AI in women's health. Therefore, this review has been prepared to address some of the areas where AI is used in women's health.

Keywords: Artificial intelligence, women, women's health.

GİRİŞ

Kadınlar hem biyolojik olarak doğuştan getirdikleri özellikleri hem de doğurganlıkları nedeniyle erkeklere göre daha fazla sağlık riskleri ile karşı karşıya kalabilmektedir. Kadınların doğurganlık özelliği nedeniyle sağlıkları, ailelerin ve toplumların sağlıklarından ayrı düşünülemez. Bu nedenle sağlıklı toplumların varlığı, ailelerin ve kadınların sağlıklı olması ile ilişkilidir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Sağlık kavramını, sadece hastalık ve sakatlığın olmayışı değil, bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali olarak tanımlamaktadır. Hastalık ve sağlık kavramını sadece biyolojik özellikler etkilememekte, içinde yaşanılan toplumun, sosyal ve ekonomik koşulları da belirleyici olmaktadır (Karacan, Gökçe,2020). Bu şekilde çok yönlü etkilenimin neden olduğu hastalık sadece bireyi değil, tüm toplumu etkileyebilmektedir (Karacan, Gökçe,2020; Büyüksoy, 2019). Kadınların sağlığını, yaşam kalitesini ve genel olarak hizmetlere erişimlerini etkileyen bazı faktörler Tablo 1’de verilmiştir:

Tablo1:Kadın Sağlığını Etkileyen Bazı Faktörler

- 1.Eğitim
- 2.Kadının statüsü
- 3.Gelir düzeyi
- 4.Beslenme
- 5.Çalışma hayatına katılım
- 6.Sağlık hizmetlerine erişim
- 7.Göç
- 8.Yaşadığı toplumda sağlıkla ilgili politikalar
- 9.Şiddet

Kaynak: Karacan, E. ve Gökçe, S. (2020). Toplumsal cinsiyet eşitsizliği ve kadın sağlığı. Sosyal Politika ve Sosyal Hizmet Çalışmaları Dergisi, 1(1), 39-59.;İlçioğlu K, Keser N, Çınar N.(2017) Ülkemizde Kadın Sağlığı ve Etkileyen Faktörler.Journal of Human Rythm, 3(3):112-119.

Kadınların sağlıklarının geliştirilmesi ve erişimlerinin artırılmasının bir yolu da giderek artan oranda sağlıkta kullanılmaya başlanan yapay zeka uygulamalarıdır (Deniz,2025). İnsan beyninin işleme sürecini taklit eden dijitalleştirilmiş bilgisayar sistemi yapay zekâ (YZ) olarak tanımlanmaktadır (İftikhar et al.,2020). Yapay zekanın sağladığı birçok avantaj ile; hastalıklar önlenemekte, izlenebilmekte ve prognozları takip edilebilmektedir (Beam et al.,2018). Sağlığın her alanını ilgilendiren yapay zeka teknolojileri kadın sağlığı alanında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Karagöl ved.,2023).

KADIN SAĞLIĞINDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI İLİŞKİN ÖRNEKLER Sağlıkta yapay zekânın (YZ) kullanımı şu anda özellikle tıbbi verilerin tanısal veya tahmine dayalı analizi açısından büyük ölçüde ilgi gören bir konudur. Sağlık hizmetlerinde bilgi teknolojileri artmaya devam ettikçe, daha büyük miktarlarda veriler elde edilmektedir. Yapay zeka destekli teknolojiler artık sağlık alanında özellikle hastalıkların teşhisi, tedavisi ve klinik araştırmaların yapılabilmesi için kullanılabilir algoritmalar üretebilmektedir. Yapay zeka destekli uygulamalar sağlıkla ilgili konular için sağlık hizmeti sağlayıcılara literatürden bilgileri derleyerek hasta tedavi ve bakım planının oluşturulmasında yardımcı olabilir. Ayrıca yapay zeka tanı ve tedavi süreçlerinde oluşabilecek hataları en aza indirebilir (Yoldemir, 2020).

Yapay zekâ tabanlı uygulamalar, üreme sağlığı hizmetlerinde önemli gelişmeler sağlamıştır. Adet döngüsü takibinden ve doğurganlık tahmininden doğum kontrol kararı vermeye kadar, yapay zekâ araçları bireysel sağlık verilerine dayalı kişiselleştirilmiş bilgiler ve öneriler sunabilir. Adet döngüsü takibinden, gebelik takibine ve yardımcı üreme tekniklerine kadar geniş bir alanda yapay zeka destekli uygulamalar kullanılmaktadır (Korytnikova, 2023).

Yakın zamanda yapılan bir çalışma, katılımcıların çoğunun popüler Flo uygulamasının kullanımıyla adet döngüsü ve gebelik bilgilerinde iyileşme yaşadığını bildirmektedir. Çalışma, Flo adet döngüsü ve gebelik takip uygulamasının kadınların bilgi ve sağlıkları üzerindeki etkisini, uygulamayı en az 30 gün kullanan Flo uygulama kullanıcılarından anket yanıtları toplayarak araştırmıştır. Katılımcıların çoğu, uygulama kullanımıyla adet döngüleri ve gebelikleri hakkındaki bilgilerinde iyileşme olduğunu bildirmiştir. Daha yüksek eğitim seviyesine sahip ve yüksek gelirli ülkelerden gelen kullanıcılar gebelikle ilgili özelliklere odaklanırken, daha düşük eğitim seviyesine sahip ve düşük ve orta gelirli ülkelerden gelenler uygulamayı cinsel sağlık ve vücut farkındalığı için kullanmıştır. Uygulamanın bilgi düzeyini artırmaya yönelik temel bileşenleri adet döngüsü takibi, doğurgan günler ve yumurtlama tahminleriydi; bu da Flo gibi adet sağlığı uygulamalarının küresel sağlık eğitimine ve kadınların güçlendirilmesine katkıda bulunabileceğini gösteriyor. Zhaunova ve arkadaşları kadınlar arasında menstruasyon ve gebeliğe yönelik bilgi ve farkındalık eksikliğinin üreme sağlığı ve gebelik sonuçları üzerindeki olumsuz etkisinden yola çıkarak yaptıkları çalışmada Flo uygulaması kullanan kadınların menstruasyon döngüsü ve gebelik bilgilerinde iyileşme yaşadığı sonucuna varmıştır. Yüksek eğitim seviyesi ve yüksek geliri olan katılımcılar gebelikle ilgili konulara odaklanırken, daha düşük eğitim ve orta gelir seviyesine sahip katılımcıların ise genel olarak cinsel sağlık ve vücut farkındalığı konularına odaklandığı saptanmıştır (Zhaunova, 2023). Cabellero Ruiz ve arkadaşlarının çalışmasında Sinedie isimli yapay zeka uygulaması 17 ay boyunca 90 hastanın katılımıyla Gestasyonel Diabetes Mellitus'un izleminin sağlanması amaçlanmıştır. Sinedie gebelerin glisemi verilerini evde doğrudan ölçüm cihazına yüklemelerine olanak sağlayan bir teknolojidir (Caballero-Ruiz et al.,2017).

Gebelere yapay zekâ destekli bazı uygulamalar aracılığıyla doğum öncesi izleme ve aynı zamanda gebelikte oluşabilecek risklerin tahmini ile ilgili de faydalar sunulmaktadır. Yapay zekâ destekli bazı uzaktan izleme cihazları, gebelik esansında oluşabilecek komplikasyonları tespit edebilir ve zamanında müdahale şansı oluşturarak anne ve bebek sağlığına katkı sağlayabilir. Schmidt ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yayınlanan bir çalışmada, preeklamsi gebelerde oluşabilecek olumsuz durumları öngörebilmek için bir öğrenme modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Schmidt ve arkadaşları 1647 kadınla çalışmayı yaptılar. Çalışma sonucunda, makine öğrenimi tekniklerinin, mevcut klinik standartlara göre preeklampsi riski taşıyan gebelerde olumsuz durumları tahmin edebileceğini saptamıştır (Schmidt et al.,2022). Burgos Artizzu ve arkadaşlarının yeterli doğum öncesi bakımın doğru gebelik yaşının belirlenmesine dayanır bilgisinden yola çıkarak yapmış oldukları çalışmada, ikinci ve üçüncü trimesterdeki fetüslerde gebelik yaşını tahmin etmek için standart kranial ultrason kesitlerinde fetal beyin morfolojisinin otomatik analizine dayalı bir yapay zeka yönteminin performansını, standart fetal biyometri kullanan mevcut formüllerle karşılaştırarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, standart ultrasonografik fetal düzlemleri kullanan otomatik bir yapay zeka sistemi, özellikle üçüncü trimesterde, fetal biyometrik parametrelere göre gebelik yaşı tahmininde benzer veya daha düşük hata oranı sağlamıştır (Burgos Artizzu et al.,2021). Gupta ve arkadaşları gebelik hipertansiyonu sorunlarında plasental patolojik değişikliklerin gebeliğin erken dönemlerinde başladığı ve derin evrimsel sinir ağlarının, bu değişiklikleri klinik belirtiler ortaya çıkmadan önce tespit edebileceği bilgisinden yola çıkarak, gebelik hipertansiyonu olan kadınların plasentasının ultrason görüntü dokusunu, normal gebelik sonucu olan kadınların plasentasıyla karşılaştırmak amacıyla yapmış oldukları çalışmada toplam 429 vakayı doğuma kadar takip etmiştir. Araştırma sonucunda yapay zekâ kullanılarak yapılan ultrasonik plasenta analizinin umut vadeden bir teknik olduğu ve sonraki araştırmalara ışık tutacağı belirlenmiştir (Gupta ve ark.,2022). Meme kanseri tüm dünyada kadınlar için önemli bir onkolojik sorundur. Görüntü analizi ve yapay zeka destekli meme kanseri tespit yöntemlerinin kullanımı erken teşhis, tedavi ve dolayısıyla sağ kalımda etkili olabilir (Korytnikova, 2023). Lang ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada yapay zeka destekli tarama yönteminin standart okumaya yakın tespit oranına sahip olduklarını saptamışlardır (Lang ve ark.,2023). Literatürde zihinsel sağlığın, genel yaşam kalitesinin önemli bir yönü olduğu ve kadınların erkeklere göre zihinsel sağlıkla ilgili daha çok sorun yaşadığı belirtilmektedir. Yapay zeka destekli zihinsel sağlık platformları, kadınlara duygu analizi yöntemi ile bireyselleştirilmiş bakım sağlayabilir, olası zihinsel sağlık

sorunlarını belirleyebilir ve uygun müdahaleler önerebilir (Korytnikova, 2023). Yin ve arkadaşları kadın sağlığının önemli bir sorunu olan pelvik organ prolapsusu ile ilgili olarak, pelvik organ prolapsusunun postpartum iyileşmesinde ultrason teknolojisi ve yapay zeka algoritmasına dayalı rehabilitasyon eğitiminin uygulama değerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda yapay zeka algoritmasıyla işlendikten sonra ultrason görüntüsü daha net olmuş, odak daha belirgin ve görüntü kalitesi önemli ölçüde iyileşmiştir (Yin et al.,2022).

Yapay zekanın kadın sağlığında kullanıldığı alanlardan bir tanesi e yardımcı üreme teknikleridir. Yapay Zeka (YZ), Yardımcı Üreme Teknolojisi alanında giderek daha fazla kullanılmakta, tanı, tedavi süreçlerinde çeşitli katkılar sağlamaktadır. Yapay zeka teknolojileri yardımcı üreme teknolojisi alanında hastaların demografik verilerini, tıbbi öykülerini, üreme sistemi ile ilgili özelliklerini içeren çeşitli parametreleri analiz yeteneğine sahiptir (Adeniyi ve ark.,2024). Yapay zeka gelişmiş özellikleri sayesinde, infertilite tedavisi gören kadınlar için bireyselleştirilmiş tedavi planı oluşturmada yardımcı olabilir, tahminler yürütebilir ve çeşitli olasılıkları ortaya koyabilir. Yapay zeka destekli veri analizleri infertilite tedavilerinde riskleri ve komplikasyonları en aza indirerek başarı oranlarını ve olumlu gebelik sonuçlarını artırabilir (Santos ve ark.,2019).

SONUÇ

Kadın yaşamının tüm evrelerinde kullanabilecek yapay zeka destekli teknolojiler kadınların yaşam kalitelerinin artmasına, sağlıklı ilgili ihtiyaçlarını kısa sürede ve en az riskle karşılamalarına katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

1. Tefik Yoldemir (2020). Artificial intelligence and women's health, Climacteric, 23:1, 1-2, DOI: 10.1080/13697137.2019.1682804
2. Karacan E, Gökçe S. (2020). Toplumsal cinsiyet eşitsizliği ve kadın sağlığı. Sosyal Politika ve Sosyal Hizmet Çalışmaları Dergisi, 1(1), 39-59
3. Büyüksoy GD. (2019). Türkiye'nin bazı sağlık düzeyi göstergelerinin halk sağlığı görüşü açısından değerlendirilmesi. Halk Sağlığı Hemşireliği Dergisi, 1(2), 49-59.
4. İlçioğlu K, Keser N, Çınar N.(2017) Ülkemizde kadın sağlığı ve etkileyen faktörler.Journal of Human Rythm, 3(3):112-119.
5. Deniz İE. (2025). Yapay zekâ ile kadın sağlığında erken tanı ve önleyici yaklaşımlar. In: Koç, O. (ed.), Teknoloji ile Güçlenmek: Kadın, Bilgi ve Dijital Dönüşüm. Özgür Yayınları. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub917.c3822>
6. Iftikhar P, Kuijpers MV, Khayyat A, Iftikhar A, DeGouvias De Sa M. (2020).Artificial intelligence: a new paradigm in obstetrics and gynecology research and clinical practice. Cureus. 12:e7124. 10.7759/cureus.7124
7. Beam AL, Kohane IS.(2018). Big data and machine learning in health care. Jama., 319:1317-8. 10.1001/jama.2017.18391
8. Karagöl B, Bilmez G, Arıöz A, Şahin S. (2023). The use of technology and care in the field of women's health. Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi, 4(3),57-69.
9. Korytnikova E. (2023) Artificial intelligence and women's health: innovations, challenges, and ethical considerations. Adv Clin Med Res. 4(3):1-6.
10. Zhaunova L, Bamford R, Radovic T, Wickham A, Peven K, et al. (2023). Characterization of self-reported improvements in knowledge and health among users of flo period tracking app: cross-sectional survey. JMIR Mhealth and Uhealth. 11:e40427.
11. Caballero-Ruiz E, García-Sáez G, Rigla M, Villaplana M, Pons B, Hernando M.(2017). A webbased clinical decision support system for gestational diabetes: automatic diet prescription and detection of insulin needs. International Journal of Medical Informatics. 35-49. doi:10.1016/j.ijmedinf.2017.02.014.

12. Schmidt LJ, Rieger O, Neznansky M, Hackelöer M, Dröge LA, et al. (2022) A machine-learning-based algorithm improves prediction of preeclampsia-associated adverse outcomes. *Am J Obstet Gynecol.* 227(1):77.e1-77.
13. Burgos Artizzu XP, Coronado Gutiérrez D, Valenzuela Alcaraz B, et al.(2021). Analysis of maturation features in fetal brain ultrasound via artificial intelligence for the estimation of gestational age. *Am j obstet gynecol mfm.* 3,100462.
14. Gupta K, Balyan K, Lamba B, Puri M, Sengupta D, Kumar M.(2022). Ultrasound placental image texture analysis using artificial intelligence to predict hypertension in pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 35:5587–5594.
15. Korytnikova E. Artificial intelligence and women's health: Innovations, challenges, and ethical considerations.(2023). *Adv Clin Med Res*, 4(3)-59
16. Lång K, Josefsson V, Larsson AM, Larsson S, Högberg C, et al. (2023) Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis of a randomised, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. *Lancet Oncol.* 24(8):936-44.
17. Yin P, Wang H. (2022).Evaluation of nursing effect of pelvic floor rehabilitation training on pelvic organ prolapse in postpartum pregnant women under ultrasound imaging with artificial intelligence algorithm. *Comput Math Methods Med.*1786994.
18. Adeniyi OM, Monehin VB. (2024). The use of artificial intelligence (AI) in assisted reproductive technology (Art): examining the legal and ethical implications. *Abuad Law Journal*, 12(1),135-152.
19. Santos MK, Ferreira Júnior JR, Wada DT, Tenório AP, Nogueira-Barbosa MH, Marques PM. (2019). Artificial intelligence, machine learning, computer-aided diagnosis, and radiomics: advances in imaging towards to precision medicine. *Radiologia Brasileira*, 52, 387-396.

KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA KÜLTÜREL PEYZAJ ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN BİBLİYOMETRİK BİR İNCELEME

Doç. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN¹ / Yiğithan İMADOĞLU²

1Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi,

suygungilerdogan@korkutata.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7916-1709

2Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekoturizm Rehberliği,

imadoglu17@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9795-8998

Özet

Kültürel peyzaj, insan ile doğa arasındaki uzun süreli etkileşimin ürünü olan, hem doğal hem kültürel değerleri barındıran dinamik alanlar olarak tanımlanmaktadır (Antrop, 2005; UNESCO, 1992). UNESCO’nun 1992’de Dünya Mirası kategorilerine dâhil ettiği bu kavram, koruma, planlama, sürdürülebilirlik ve turizm alanlarında giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu çalışma, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramına odaklanan akademik literatürü bibliyometrik yöntemlerle analiz etmektedir. Araştırma, Web of Science (WoS) veri tabanında “cultural landscape” ve “cultural heritage” kavramlarını içeren 637 makaleyi incelemiştir. 1997-2026 yılları arasında yayınlanan bu çalışmalar toplam 7.324 atıf almıştır. Özellikle 2021-2026 döneminde yayın sayısı (331 makale, %51,96) ve atıf sayısı (5.183 atıf, %70,76) önemli ölçüde artış göstermiştir. En üretken kategoriler Environmental Studies, Environmental Sciences, Humanities Multidisciplinary, Architecture ve Geography’dır. MDPI, Taylor & Francis, Elsevier ve Springer Nature başlıca yayınevleridir. VOSviewer programı ile yapılan ortak anahtar kelime analizinde “cultural landscape”, “cultural heritage”, “sustainable development”, “conservation” ve “tourism” en sık kullanılan kavramlar olarak öne çıkmıştır. Son yıllarda sürdürülebilirlik, kültürel ekosistem hizmetleri, iklim değişikliği ve miraslaştırma temaları ağırlık kazanmıştır. Atıf analizlerinde Plieninger vd. (2013), Nocca (2017) ve Schaich vd. (2010) en etkili çalışmalar; Plieninger, Bieling ve Antrop gibi yazarlar ise en çok atıf alan araştırmacılar olarak belirlenmiştir. Almanya, İspanya, Çin, İtalya ve Avustralya alana en fazla katkı sağlayan ülkelerdir. Türkiye ise 11 çalışma ve 13 atıfla literatüre sınırlı katkı sunmuştur. Sonuç olarak, kültürel peyzaj çalışmaları disiplinlerarası bir nitelik kazanmış, sürdürülebilirlik ve koruma politikalarında bütüncül yaklaşımların temel unsuru haline gelmiştir. Çalışma, WoS tabanlı sınırlılığını belirtirken, gelecek araştırmalar için Scopus ve Google Scholar gibi veritabanlarının da dâhil edilmesini önermektedir. Bulgular, kültürel mirasın yaşayan, dinamik bir peyzaj bağlamında ele alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kültürel Miras, Kültürel Peyzaj, Bibliyometrik Analiz, Web of Science, VOSviewer

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF CULTURAL LANDSCAPE STUDIES IN THE CONTEXT OF CULTURAL HERITAGE

Assoc. Prof. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN¹ / Yiğithan İMADOĞLU²

¹Osmaniye Korkut Ata University, Kadirli Faculty of Applied Sciences, Department of Recreation Management, suygungilerdogan@korkutata.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7916-1709

²Osmaniye Korkut Ata University, Institute of Graduate Studies, Ecotourism Guide, imadoglu17@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9795-8998

Abstract

Cultural landscape is defined as dynamic areas that are the product of long-term interaction between humans and nature, containing both natural and cultural values (Antrop, 2005; UNESCO, 1992). This concept, which UNESCO included in the World Heritage categories in 1992, has gained increasing importance in the fields of conservation, planning, sustainability, and tourism. This study analyzes the academic literature focusing on the concept of cultural landscape in the context of cultural heritage using bibliometric methods. The research examined 637 articles containing the terms “cultural landscape” and “cultural heritage” in the Web of Science (WoS) database. These studies, published between 1997 and 2026, received a total of 7,324 citations. Particularly in the 2021-2026 period, the number of publications (331 articles, 51.96%) and citations (5,183 citations, 70.76%) increased significantly. The most productive categories are Environmental Studies, Environmental Sciences, Humanities Multidisciplinary, Architecture, and Geography. MDPI, Taylor & Francis, Elsevier, and Springer Nature are the leading publishers. In the co-occurrence keyword analysis conducted with the VOSviewer program, “cultural landscape,” “cultural heritage,” “sustainable development,” “conservation,” and “tourism” emerged as the most frequently used concepts. In recent years, themes such as sustainability, cultural ecosystem services, climate change, and heritagization have gained prominence. In citation analysis, Plieninger et al. (2013), Nocca (2017), and Schaich et al. (2010) were identified as the most influential studies, while authors such as Plieninger, Bieling, and Antrop were the most cited researchers. Germany, Spain, China, Italy, and Australia are the countries that contributed the most to the field. Türkiye, on the other hand, has made a limited contribution to the literature with 11 studies and 13 citations. In conclusion, cultural landscape studies have gained an interdisciplinary character and have become a fundamental element of holistic approaches in sustainability and conservation policies. While noting the limitation of being based on WoS, the study recommends that future research also include databases such as Scopus and Google Scholar. The findings emphasize the importance of addressing cultural heritage in the context of a living and dynamic landscape.

Keywords: Cultural Heritage, Cultural Landscape, Bibliometric Analysis, Web of Science, VOSviewer

GİRİŞ

Kültürel miras; tarihi, sanatsal, estetik, etnolojik, antropolojik, bilimsel ve toplumsal açıdan önemli değer taşıyan eserler, anıtlar, yapılar, alanlar ve müzeleri kapsamaktadır. UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer alan kültürel miras alanları yüzlerce tarihi bina ve kentsel dokuyu, önemli arkeolojik sit alanlarını, anıtsal heykel ve resim eserlerini bünyesinde barındıran, insanlığın ortak hafızasını yansıtan eşsiz mekanlardır (Zhuang, 2019). Kültürel peyzaj ise insanın çevreyle karşılıklı ve uzun süreli etkileşimi sonucunda zaman içinde biçimlenmiş, hem doğadan etkilenen hem de doğayı şekillendiren özgün bir görünüm ve mekan kimliğini ifade etmektedir (Antrop, 2005; Shen, 2023). Kavram, ilk kez 1925 yılında Alman coğrafyacı Carl Sauer tarafından ortaya atılmış, kültürel peyzajların insan kültürünün doğal peyzaj üzerindeki uzun vadeli etkisiyle oluştuğu ve bir bölgenin ayırt edici kültürel özelliklerini yansıttığı ileri sürülmüştür (Sauer, 1925; Robertson & Richards, 2003). 16 Kasım 1972 tarihli UNESCO Genel Konferansı'nda kabul edilen Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına Dair Sözleşme ile birlikte “kültürel peyzaj” kavramı resmi olarak uluslararası literatüre girmiş ve yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır (UNESCO, 1972). UNESCO, kültürel peyzajları “insan ile doğa arasındaki uzun süreli ve dinamik etkileşimin ürünü olan, kültürel anlamlar taşıyan alanlar” şeklinde tanımlamaktadır (UNESCO, 1972; UNESCO, 1992). Kültürel peyzaj çalışmaları, bölgesel kültür farklılıklarını anlamlandırma ve yerel kültürlerin doğal-tarihi kökenlerini açığa çıkarma gücü sayesinde son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Dünya Mirası kapsamındaki kültürel peyzajlar ise hem araştırma gündeminin hem de uluslararası ortak ilginin uzun vadeli odak noktası olmayı sürdürmektedir (Porter, 2020). Kültürel peyzajların değerlendirilmesi, korunması, yönetimi ve turizm potansiyelinin ortaya çıkarılmasında yapay zekâ ve sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı üzerine hızla büyüyen zengin bir literatür bulunmaktadır. Bununla birlikte, planlama ve tasarım süreçleri, paydaş katılımının artırılması, risk değerlendirmesi, senaryo modellemesi ve maliyet etkinliği konularında da literatürün oldukça zengin olduğu görülmektedir. Bu noktada kültürel peyzajların daha bilimsel, katılımcı ve sürdürülebilir biçimde korunması ile geliştirilmesinde akademik literatürün önemli bir rol oynadığı ileri sürülebilir (Vakhitova, 2015; Moylan vd., 2009; Demetrescu vd., 2020; Lin vd., 2021; Lennon & Davis, 2020; Lin & Ou, 2025; Su & Yang, 2025). Bu bağlamda, kültürel peyzaj kavramının akademik literatürdeki yeri ile mevcut çalışmaların sistematik bir şekilde incelenmesi, hem teorik hem de pratik açıdan sektörün geleceğine ışık tutacaktır. Çalışma, kültürel peyzaj üzerine yapılmış akademik araştırmaları analiz ederek alandaki mevcut boşlukları tespit etmeyi ve gelecekteki çalışmalar için sağlam bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

UNESCO tarafından kültürel miras; geçmiş kuşaklardan gelecek kuşaklara aktarılan, günümüze kadar korunmayı başarmış ve gelecek nesillere de fayda sağlayacak maddi ve manevi tüm değerler olarak kabul edilmektedir. Kültürel miras, bir bölgeye ya da millete özgü mimari kalıntılar, tarihi eserler gibi somut unsurların yanı sıra; dil, din, ritüeller, yaşam biçimi ve gelenekler gibi soyut değerleri de kapsamaktadır (Kuşçuoğlu & Taş, 2017). Somut kültürel mirasın önemli bir bileşeni olan doğal sit alanları ile kültürel peyzajlar gibi jeolojik, fiziksel ve biyolojik oluşumlar ise “doğal kültürel miras” olarak sınıflandırılmaktadır (Ünal, 2014). Kültürel peyzaj alanları üç ana kategoride incelenmektedir. Birinci kategori, insan eliyle tasarlanıp biçimlendirilmiş parklar, bahçeler ve bu alanlardaki genellikle kamusal işlev gören yapılar ya da yapı gruplarını içermektedir. İkinci kategori, zaman içinde kendiliğinden ve organik olarak evrilerek oluşan peyzajlardır; bu gruba jeolojik miras alanlarının yanı sıra, antik dönemlerde işletilip günümüzde terk edilmiş maden ocakları da dahildir. Bu tür ocaklar, belirli bir döneme ait teknik bilgi ve uygulamaların izlerini taşıdıklarından endüstriyel peyzajın parçası olup aynı zamanda “kalıntı peyzaj” özelliği göstermektedir. Üçüncü kategori ise “yardımcı peyzajlar” olarak adlandırılmakta ve dini, sanatsal ya da kültürel anlamda bütünleşmiş doğal oluşumları kapsamaktadır (Pirselimoğlu vd., 2019). 1990'lı yıllarda koruma tartışmalarının “miras” kavramından “değer” kavramına kaymasıyla kültürel peyzaj, çeşitli uluslararası kuruluşlarca bir koruma kategorisi olarak benimsenmiştir. Dünya Miras Komitesi tarafından ilk kez 1987'de kullanılan bu kavram, 1992'de Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından kültürel ve doğal özelliklerin yanı sıra

içinde yaşayan tüm canlıları kapsayan, geçmişteki bir olay ya da durumla bağlantılı görsel, algısal ve kültürel değere sahip alanlar şeklinde tanımlanmıştır (Rössler, 2006; UNESCO, 2017). Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi'nin (ICOMOS) 2014'teki 18. Genel Kurulunda “İnsanı Değer Olarak Miras ve Peyzaj” temasıyla kabul edilen Floransa Sözleşmesi'nde ise kültürel miras ve peyzaj, toplulukların kimliğinin ayrılmaz bir parçası olarak nitelenmiş; geleneksel bilgi ve uygulamaların korunmasıyla bu alanlarda biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir şekilde sağlanması gerektiği vurgulanmıştır (ICOMOS, 2014). Kültürel peyzaj kavramı, tarihsel gelişim sürecinde birçok kişi ve kurum tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Literatürdeki bu tanımlar ve yaklaşımlar zamanla önemli değişimlere uğramıştır. İlk dönem tanımlarda “insan faaliyetleriyle değiştirilmiş peyzaj” olarak ele alınan kavram, ilerleyen yıllarda statik bir ürün olmaktan çıkıp “insan-doğa etkileşiminin devam eden dinamik bir süreci” olarak görülmeye başlanmıştır. Bu evrim, alanların doğal yapısı, sosyal, ekonomik ve tarihsel oluşumları gibi çok boyutlu dinamiklerin dikkate alınmasıyla daha kapsamlı bir çerçeveye oturmuştur (Alrayyan vd., 2022).

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

İnsanlar, peyzajla etkileşim kurarken onu gözlemleyerek, deneyimleyerek ve yaşayarak hem maddi hem de manevi bağlar geliştirmektedir. Bu bağlar, bireylerin hem kendilerini hem de bulundukları yerin kimliğini tanımlamalarına imkân tanırken; inançlarını, değerlerini ve tercihlerini kapsayan karmaşık, çok katmanlı ve birbirine bağlı bir ağ oluşturmaktadır (Taylor, 2008). Bu bağların temelinde, insanların temel ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların kültürel peyzaj tarafından nasıl karşılandığı ile peyzajın sunduğu işlevler yer almaktadır. Tam da bu bağlar sayesinde bireyler, kültürel peyzajlarda kendilerine özgü bir yer duygusu (sense of place) geliştirerek kimliklerini tanımlamakta ve ruhlarını ifade etmektedirler (Antrop, 2006). Bunun yanı sıra, insan-doğa etkileşiminin ürettiği, dönüştürdüğü ya da sürdürdüğü varlıklar, bireyin zihninde bulunduğu yere yönelik güçlü bir aidiyet duygusu yaratmaktadır. Jackson (1989), peyzajların sosyal boyutunu öne çıkararak, kültürün doğrudan peyzajdan okunamayan somut olmayan ve sembolik niteliklerine daha fazla önem verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Taylor, 2011). Bir yerin anlamı –yani bireylerin o yere duyduğu bağlılık düzeyi– gözlem, deneyim ve hafızanın etkisiyle büyümekte, azalmakta veya değişmektedir. Kültürel peyzaj, sonuç olarak, içinde yaşadığımız, bedenimizle tecrübe ettiğimiz ve anlam yüklediğimiz yerdir (Howard vd., 2013).

Bu bağlamda kültürel peyzaj, yalnızca bireysel deneyimlerin değil, aynı zamanda toplumsal belleğin de taşıyıcısı olarak değerlendirilmektedir. Kültürel miras unsurları, peyzaj içerisinde somut ve somut olmayan biçimlerde varlık göstererek geçmişle bugün arasında süreklilik kurmaktadır. Assmann'ın (2011) ortaya koyduğu kültürel bellek yaklaşımı, mekanların toplumsal hafızanın yeniden üretildiği ve aktarıldığı temel alanlar olduğunu vurgulamaktadır. Bu çerçevede kültürel peyzajlar, kolektif anıların mekansal temsili olarak kültürel mirasın sürekliliğini sağlamaktadır. Kültürel mirasın peyzajla bütünleşmesi, mirasın statik bir geçmiş temsili olmaktan çıkıp yaşayan ve deneyimlenen bir olgu olarak ele alınmasını mümkün kılmaktadır. Smith (2006), mirası yalnızca korunması gereken fiziksel varlıklar bütünü olarak değil, toplumsal pratikler, anlatılar ve günlük yaşamla sürekli yeniden üretilen dinamik bir süreç olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, kültürel peyzajın miras çalışmalarındaki kuramsal konumunu güçlendirmekte peyzajı, mirasın deneyimlendiği ve anlamlandırıldığı temel bağlam haline getirmektedir. Yer duygusu ve aidiyet kavramları, kültürel mirasın bireyler ve topluluklar üzerindeki etkisini açıklamada merkezi bir rol oynamaktadır. Relph (1976), bireylerin yaşadıkları mekanla kurdukları derin bağların, o yerin kimliğini ve özgünlüğünü belirlediğini ifade etmektedir. Bu kuramsal yaklaşımlar, kültürel peyzajın yalnızca fiziksel bir çevre değil; kültürel mirasın üretildiği, aktarıldığı ve deneyimlendiği çok katmanlı bir bağlam olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, kültürel peyzaj ve kültürel miras ilişkisinin akademik literatürde nasıl ele alındığının incelenmesini gerekli kılmaktadır.

İnsan ve doğa etkileşimlerinin bir ürünü olarak tanımlanan kültürel peyzaj, tarihsel, kültürel ve ekolojik unsurları bir araya getirerek küresel ekolojik koruma için değerli bir miras oluşturmaktadır (Zhou. vd., 2023). Bu çerçevede, bibliyometrik analiz, kültürel peyzaj araştırmalarının nicel bir haritalamasını sağlayarak, yayın eğilimlerini ve

işbirliklerini ortaya koyan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bibliyometrik yaklaşım, Web of Science (WoS) gibi veritabanlarından elde edilen verileri kullanarak, anahtar kelime haritaları, kümeleme algoritmaları (örneğin, LLR algoritması) ve ortaya çıkış analizleri yoluyla araştırma evrimini incelemektedir (Zhang & Marzbali, 2024).

3. KÜLTÜREL PEYZAJ ve KÜLTÜREL MİRAS İLİŞKİSİ

Kültürel peyzaj ve kültürel miras arasındaki ilişki, son yıllarda farklı disiplinlerin katkılarıyla giderek daha bütüncül bir biçimde ele alınmaktadır. Coğrafya, planlama, mimarlık, arkeoloji, miras çalışmaları ve turizm literatürü; kültürel peyzajı, kültürel mirasın mekansal bağlamı ve süreklilik alanı olarak değerlendiren ortak bir yaklaşıma yönelmektedir. Bu doğrultuda kültürel peyzaj, yalnızca miras unsurlarının içinde yer aldığı fiziksel bir çevre değil; mirasın üretildiği, deneyimlendiği, aktarıldığı ve yeniden anlamlandırıldığı dinamik bir süreç olarak kavramsallaştırılmaktadır (Antrop, 2005; Taylor, 2008; Rössler, 2006).

Uluslararası literatürde, özellikle UNESCO'nun 1992 yılında kültürel peyzajı Dünya Mirası kategorileri arasına dâhil etmesiyle birlikte, kültürel mirasın korunması ve yönetimi tartışmaları mekansal bağlam üzerinden yeniden şekillenmiştir. Bu süreçte yapılan çalışmalar, kültürel mirasın yalnızca tekil anıtlar ya da somut varlıklar üzerinden değil; bu varlıkların içinde yer aldığı peyzaj sistemiyle birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır (UNESCO, 1992; UNESCO, 2017). Böylece kültürel peyzaj, miras çalışmalarında bütüncül koruma yaklaşımlarının temel kavramlarından biri hâline gelmiştir.

Miras literatüründe öne çıkan önemli yaklaşımlardan biri, mirası sabit ve değişmez bir geçmiş temsili olarak değil; toplumsal pratikler ve gündelik yaşam aracılığıyla sürekli yeniden üretilen bir süreç olarak ele almaktadır. Smith'in (2006) geliştirdiği bu yaklaşım, kültürel peyzajın kuramsal önemini güçlendirmekte; peyzajı, mirasın toplumsal olarak anlam kazandığı temel bağlam olarak konumlandırmaktadır. Bu bağlamda kültürel peyzajlar, mirasın yalnızca korunacak nesneler bütünü olmadığını, aynı zamanda yaşayan topluluklar tarafından deneyimlenen ve anlamlandırılan alanlar olduğunu göstermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, kültürel peyzaj ve kültürel miras ilişkisinin disiplinlerarası bir araştırma alanı haline geldiğini göstermektedir. Özellikle koruma politikaları, planlama yaklaşımları, turizm ve sürdürülebilirlik ekseninde yürütülen araştırmalar, kültürel peyzajı mirasın bütüncül bir ifade biçimi olarak ele almakta; bu alanları hem akademik hem de uygulamalı çalışmaların merkezine yerleştirmektedir (Porter, 2020; Alrayyan, 2022). Bu durum, kültürel peyzajın kültürel miras literatüründeki konumunun giderek güçlendiğini ve alanın teorik derinliğinin arttığını ortaya koymaktadır.

4. YÖNTEM

Çalışma, “kültürel peyzaj” ve “kültürel miras” kavramlarını birlikte inceleyen çalışmalar üzerinden, ilgili alan yazında mevcut olan ana temaları belirleyerek, gelecekte yürütülecek akademik araştırma yönelimlerine katkı sağlayacak bir zemin hazırlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak kültürel peyzaj ve kültürel miras araştırmalarına dair sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada yer alan veriler, akademik çalışmaların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir veri tabanı olan Web of Science'dan (WoS) elde edilmiş, başlık, özet, anahtar kelimeler ve artı anahtar kelimeler (keywords plus) içerisinde “kültürel peyzaj” (cultural landscape) ve “kültürel miras” (cultural heritage) kavramı geçen çalışmaları listelemek üzere “topic” seçeneği tercih edilerek sorgulama yapılmıştır. Ulaşılan 781 çalışma sadece makaleleri içermek üzere filtrelenmiş ve nihayetinde 637 makaleden oluşan veri seti ile VOSviewer paket programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

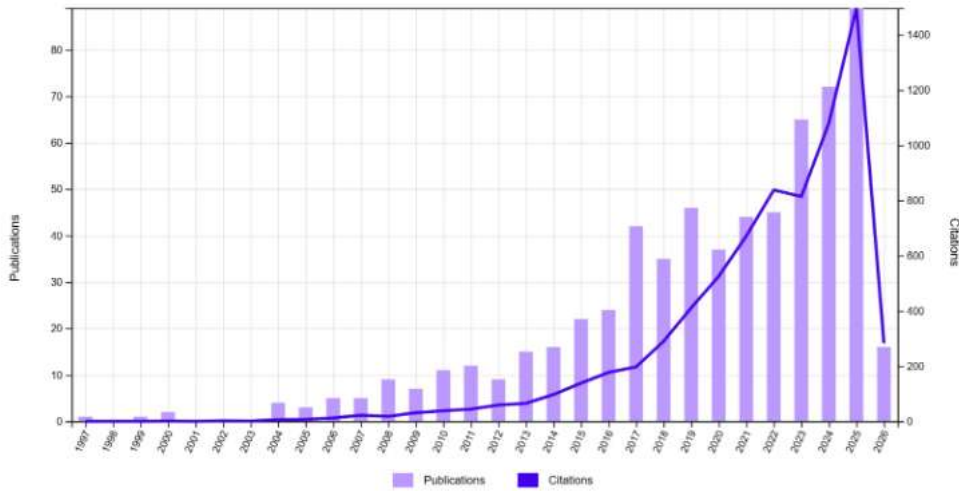
5. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde, WoS veri tabanından elde edilen istatistikler doğrultusunda kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj çalışmalarının analiz sonuçları ve VOSviewer programı kullanılarak oluşturulan ağ haritaları yer almaktadır.

5.1.Kültürel Miras Bağlamında Kültürel Peyzaj Makalelere İlişkin İstatistiksel Analizler

WoS veri tabanında bulunan kültürel peyzaj ve kültürel miras kavramlarını içeren çalışmalarının yıllar bazındaki dağılımları ile atıf sayıları Şekil 1’de verilmiştir. İlk çalışma olarak Eduardo Martínez de Pisón tarafından 1997 yılında Revista de Occidente dergisinde yayımlanan “The Landscape, a Cultural Heritage” başlıklı makale peyzajın yalnızca bir doğal olgu değil, aynı zamanda önemli bir kültürel miras ve kültürel değer taşıyan bir varlık olduğunu vurgulamaktadır.

“Topic” seçeneğinde gerçekleştirilen sorgulama sonuçlarına göre, araştırmaya konu kavramlara yönelik 1997-2026 yılları arasında üretilen 637 akademik yayına toplam 7.324 atıf yapıldığı tespit edilmiştir. WoS veri tabanında bulunan kültürel peyzaj ve kültürel miras çalışmalarının yıllara göre dağılımları ile atıf sayıları Şekil 1’de verilmiştir. Yapılan incelemede ilk atfın 2000 yılında gerçekleştiği görülmüştür. 1997’den günümüze kadar geçen sürede konuya gösterilen ilginin genel olarak artış gösterdiği, ancak bazı yıllarda bir önceki yıla göre daha az sayıda çalışma üretildiği dikkati çekmektedir. Özellikle 2025 yılı, 98 çalışma ve yaklaşık 1576 atıf ile en yoğun dönem olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın yürütüldüğü 2026 yılında ise 22 eser yayınlanmış ve 503 alıntı yapılmıştır. Bu doğrultuda, yazında kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramına yönelik ilginin devam ettiği ve son yıllarda önemli bir ivme kazandığı söylenebilir.



Şekil 1. Yayın-Atıf Grafiği (Yıllara Göre)

2026 yılı verileri henüz tamamlanmadığından, beşer yıllık dönemler şeklinde düzenlenen çalışma ve atıf sayılarının yer aldığı veriler Tablo 1’de gösterilmektedir. Gerçekleştirilen incelemede, kültürel peyzaj çalışmalarının zaman içinde önemli bir artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle 2015-2020 yılları arasında 206 çalışma yayınlanırken, 2021-2026¹ döneminde 331 makale yayınlandığı tespit edilmiştir. Bu dönem, toplam yayınların %51,96’sını oluşturmaktadır. Atıf açısından da benzer bir eğilim dikkat çekmektedir. 2021-2026 döneminde 5.183 atıf yapılmış olup, bu rakam toplam atıfların %70,76’sına karşılık gelmektedir. Bu bulgular, kültürel peyzaj kavramına yönelik akademik ilginin son yıllarda belirgin şekilde arttığını göstermektedir.

Tablo 1. Çalışma ve Atıf Sayıları (Gruplandırılmış Yıllara Göre)

Dönem	Çalışma Sayısı	%	Atıf Sayısı	%
1997-2002	4	0,63	4	0,05
2003-2008	26	4,08	66	0,90
2009-2014	70	10,99	334	4,56
2015-2020	206	32,34	1738	23,73
2021-2026 ²	331	51,96	5183	70,76
Toplam	637	100,00	7.324	100,00

Yapılan incelemede, kültürel peyzaj makalelerinin toplam 1.669 yazar tarafından yayınlandığı tespit edilmiştir. Plieninger, T. isimli yazarın 5 çalışma, Verburg, Taylor, Dastgerdi, Rebelo ve Ziemelniece isimli yazarların 4'er çalışma ile yazına en fazla katkıda bulunan yazarlar oldukları belirlenmiştir.

Yayınların, 90 farklı WoS kategori başlığı altında yer aldıkları görülmüştür.

Tablo 2. WoS Kategorileri Dağılımı

Kategori	Yayın Sayısı	%
Environmental Studies	129	11,70
Environmental Sciences	107	9,70
Humanities Multidisciplinary	107	9,70
Architecture	88	7,98
Geography	79	7,16
Green Sustainable Science Technology	71	6,44
Archaeology	56	5,08
Geosciences Multidisciplinary	41	3,72
History	34	3,08
Geography Physical	33	2,99
Urban Studies	33	2,99
Construction Building Technology	31	2,81
Civil Engineering	31	2,81
Hospitality Leisure Sport Tourism	31	2,81
Ecology	30	2,72
Multidisciplinary Sciences	30	2,72
Art	28	2,54
Social Sciences Interdisciplinary	27	2,45
Materials Science Multidisciplinary	25	2,27
Chemistry Analytical	23	2,09
Regional Urban Planning	23	2,09
Spectroscopy	22	1,99
Anthropology	20	1,81
Remote Sensing	19	1,72
Computer Science Interdisciplinary	18	1,63

Üç ve daha fazla çalışmayı bulunduran kategorilerin filtrelendiği Tablo 2’de görüleceği üzere, kültürel peyzaj kavramının 129 yayın ile en fazla Çevresel Çalışmalar (Environmental Studies) kategorisinde araştırıldığı belirlenmiştir. Çevresel Çalışmalar kategorisini 107 yayın ile Çevre Bilimleri (Environmental Sciences) ve yine 107 yayın ile Multidisipliner Beşeri Bilimler (Humanities Multidisciplinary), 88 yayın ile Mimarlık (Architecture), 79 yayın ile Coğrafya (Geography) ve 71 yayın ile Yeşil Sürdürülebilir Bilim ve Teknoloji (Green Sustainable Science Technology) kategorileri takip etmektedir. Bir sonraki kategori olan Arkeoloji (Archaeology) kategorisinde ise 56 yayın bulunmaktadır. Ağırlıklı olarak çalışmaların çevresel çalışmalar, çevre bilimleri, beşeri bilimler, mimarlık, coğrafya ve sürdürülebilir bilim teknoloji üzerine yoğunlaştığı dikkat çekmektedir.



Şekil 2. Yayınevleri ve Yayın Sayıları

Yayınevlerine göre yapılan incelemede toplam 65 farklı yayıncının yer aldığı tespit edilmiştir. Yayınların en büyük kısmının MDPI (119 yayın), Taylor & Francis (78 yayın), Elsevier (58 yayın) ve Springer Nature (53 yayın) yayınevleri tarafından yayımlandığı görülmüştür. Kültürel peyzaj konulu makalelerin indeks dağılımına bakıldığında ise; çalışmaların %41,29'unun (263 makale) Emerging Sources Citation Index (ESCI)'te, %32,03'ünün (204 makale) Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)'te, %29,67'sinin (189 makale) Social Sciences Citation Index (SSCI)'te ve %17,43'ünün (111 makale) Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)'te indekslendiği belirlenmiştir.

5.2.Kültürel Miras Bağlamında Kültürel Peyzaj Makalelerine İlişkin Bibliyometrik Analizler

VOSviewer programı ile kültürel peyzaj çalışmalarına yönelik gerçekleştirilen ağ analizleri, Ortak Kelime Analizi ile Atıf Analizi başlıkları altında incelenmiştir. Atıf analizi ise çalışmalar, yazarlar, kaynaklar (dergiler), kurumlar ve ülkeler başlıkları altında verilmiştir.

5.2.1.Ortak Kelime Analizi

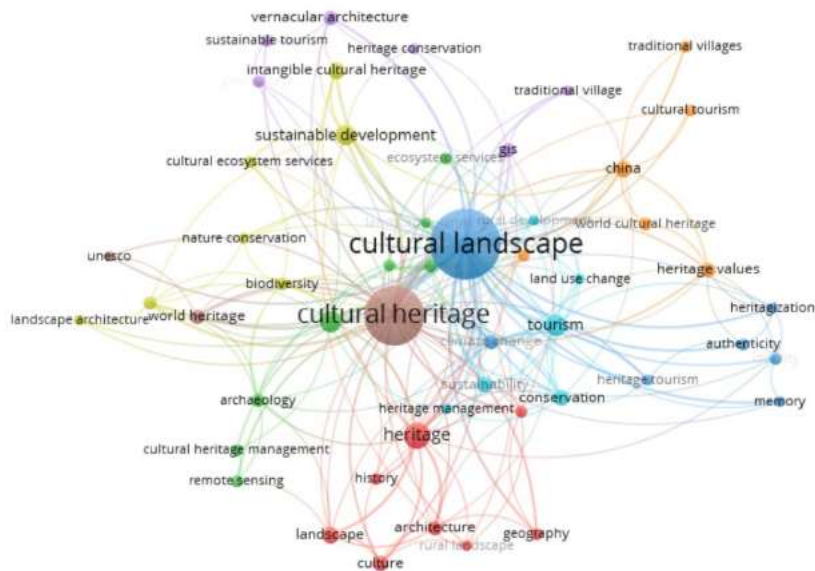
WoS veri tabanında yer alan makalelerde kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj ile ilişkilendirilen diğer kavramları tespit etmek üzere VOSviewer programı kullanılarak “yazar anahtar kelimeleri (author keywords)” analizi yürütülmüştür. Yapılan analizde toplam 2270 anahtar kelime tespit edilmiş ve 51 anahtar kelimenin ise en

az 5 kez kullanıldığı belirlenmiştir. 10 kez ve üzeri kullanılan anahtar kelimelerin yer aldığı liste Tablo 3.'de verilmiştir. İnceleme sonucunda, en fazla kullanılan anahtar kelimelerin “cultural landscape (kültürel peyzaj)” ve “cultural landscapes (kültürel peyzajlar)” şeklinde 213 kez ve 20 kez olmak üzere toplam 233 kez kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca cultural heritage (kültürel miras), “heritage (miras)”, Intangible cultural heritage (Somut olmayan kültürel miras), World heritage (Dünya mirası) anahtar sözcüklerinin sırasıyla 149 kez, 31 kez, 12 kez ve 10 kez, toplamda 202 kez kullanıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte Sustainable development (Sürdürülebilir kalkınma), Sustainability (Sürdürülebilirlik), Conservation (Koruma), Climate change (İklim değişikliği) anahtar kelimelerinin de en az 10 kez araştırmalarda kullanıldığı görülmüştür.

Tablo 3. Anahtar Kelimelerinin Dağılımı

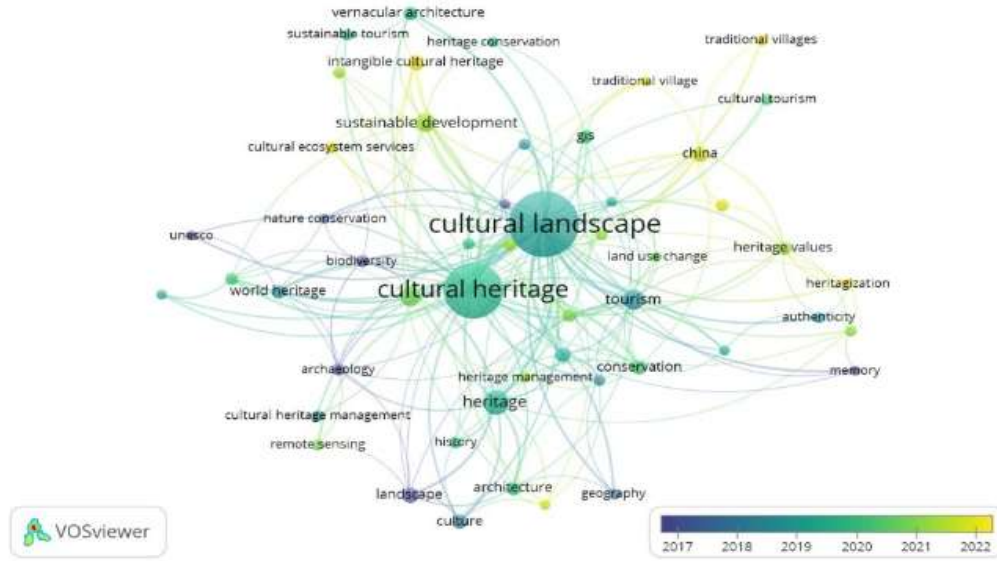
Anahtar Kelime	Sıklık	Toplam Bağlantı Gücü
Cultural landscape (Kültürel peyzaj)	213	198
Cultural heritage (Kültürel miras)	149	144
Heritage (Miras)	31	45
Tourism (Turizm)	20	34
Cultural landscapes (Kültürel peyzajlar)	20	17
Sustainable development (Sürdürülebilir kalkınma)	19	28
China (Çin)	12	19
Landscape (Peyzaj)	12	15
Intangible cultural heritage (Somut olmayan kültürel miras)	12	13
Sustainability (Sürdürülebilirlik)	11	19
Conservation (Koruma)	11	18
Culture (Kültür)	11	14
Climate change (İklim değişikliği)	10	19
World heritage (Dünya mirası)	10	16

Yazar anahtar kelimelerine göre oluşturulan ağ haritasında (Şekil 3a), en az 5 kez kullanıldığı belirlenen 51 anahtar kelimenin birbirleri ile ilişkili bir set olarak, 8 küme, 215 bağlantıdan oluştuğu ve toplam bağlantı gücünün 454 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3a. Ortak Kelime Analizi – Yazar-Anahtar Kelimeleri Ağ Haritası

Şekil 2b’de, 2016 ile 2022 yılları arasındaki farklı dönemlerde daha yoğun şekilde incelenen anahtar kelimelerin ilişkilerini gösteren zamansal eğilim ağ haritası sunulmaktadır. Şekil 3b.’de, koyu mavi/mor renkte görülen kümeler 2016-2018 yıllarında yoğunlaşan geleneksel konuları (arkeoloji, koruma, kültürel peyzaj vb.) temsil ederken; sarı renkte verilen kümeler ise 2020 ve sonrası yıllarda çalışma yapılan güncel konuları temsil etmektedir. Sarı kümeler incelendiğinde; sürdürülebilirlik (sustainability), ekosistem hizmetleri (ecosystem services), kültürel ekosistem hizmetleri (cultural ecosystem services), kırsal peyzaj (rural landscape), iklim değişikliği (climate change) ve miraslaştırma (heritagization) gibi anahtar kelimeler üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir.



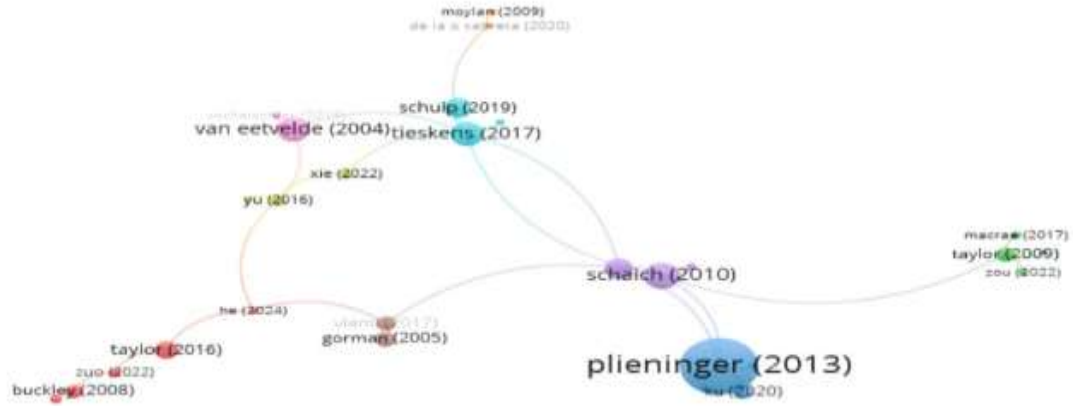
Şekil 3b. Zamansal Eğilimi Gösteren Ağ Haritası

5.2.2. Atıf Analizi

Bibliyometrik analizlerde, yayımlanan eserlerin alıntılanma durumu önemli bir ölçüt olarak kabul edildiğinden, bu bölümde çalışmalar, kaynaklar, yazarlar, kurumlar ve ülkeler ekseninde atıf analizlerine yer verilmektedir.

5.2.2.1. Çalışmalar Bağlamında Atıf Analizi

En çok alıntılanan ve bağlantı sayısı en yüksek olan çalışmaları belirlemek üzere "atıf – çalışma" bağlamında analiz gerçekleştirilmiş ve en az atıf sayısı 10 olarak eşik oluşturulmuştur. WoS veri tabanında yer alan toplam 637 çalışmadan 180’inin belirlenen kriteri karşıladığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmaların tamamının birbirine bağlı olmadığı, en büyük ilişkili setin 28 çalışmadan oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4. Çalışmalara Göre Atıf Analizi Ağ Haritası

Şekil 4. incelendiğinde, verilen eşik değere göre belirlenen ve ilişkili en büyük seti oluşturan 28 çalışmanın toplam 9 küme ve 31 bağlantıdan oluştuğu belirlenmiştir. İnceleme kapsamındaki kültürel peyzaj çalışmalarına yapılan atıflar değerlendirildiğinde, en fazla alıntılanan 10 çalışmaya ait bilgiler Tablo 4’de sunulmuştur. Görüleceği üzere Plieninger vd. (2013) tarafından kaleme alınan çalışma, 967 atıf olarak listede açık ara birinci sırada bulunmaktadır. Bu çalışmayı sırasıyla Nocca (2017) 280 atıf, Schaich vd. (2010) 218 atıf ve Van der Zanden vd. (2017) 191 atıf izlemektedir.

Tablo 4. En Fazla Alıntılanan Çalışmalar

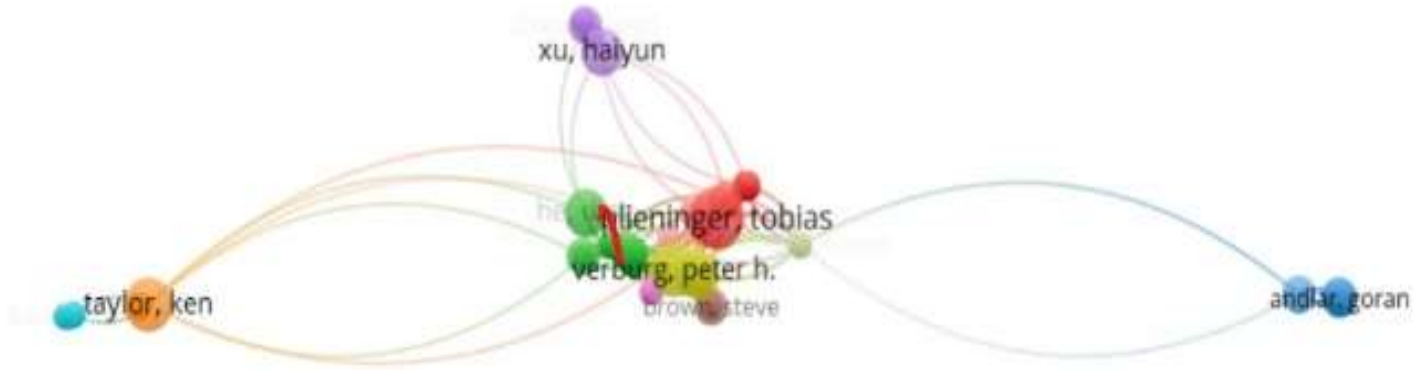
Yazar	Yayın Yılı	Çalışmanın Başlığı	Yayınlandığı Dergi	Atıf Sayısı
Plieninger, T. et al.	2013	Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level	<i>Land Use Policy</i>	967
Nocca, F.	2017	The Role of Cultural Heritage in Sustainable Development: Multidimensional Indicators	<i>Sustainability</i>	280
Schaich, H. et al.	2010	Linking ecosystem services with cultural landscape research	<i>GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society</i>	218
Van der Zanden, E. H.	2017	Investigating the spatial proximity of agricultural intensification and land abandonment	<i>Land Use Policy</i>	191
Van Eetvelde, V. & Antrop, M.	2004	Analyzing structural and functional changes of traditional cultural landscapes	<i>Landscape and Urban Planning</i>	180
Tieskens, K. F. et al.	2017	Aesthetic appreciation of the landscape in Europe: A Google Panoramio analysis	<i>Landscape and Urban Planning</i>	174
Qiu, L. et al.	2023	Exploring the relationship between cultural landscape heritage and rural sustainability	<i>Journal of Cleaner Production</i>	148
Assandri, G. et al.	2018	Farmland abandonment and intensification: Lessons from the past	<i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>	139
Gibon, A.	2005	Managing farming systems for the conservation of mountain landscapes	<i>Livestock Production Science</i>	124
Schulp, C. J. E.	2019	Cultural ecosystem services: A review of methods and tools	<i>Ecosystem Services</i>	121
Agapiou, A. et al.	2017	Cultural heritage management and monitoring using remote sensing data	<i>Journal of Cultural Heritage</i>	101
Taylor, K.	2016	Cultural landscapes and Asia: Redeeming the past for the future	<i>International Journal of Heritage Studies</i>	100

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, en fazla atıf alan yayınların; ekosistem hizmetleri, peyzaj yönetimi, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle Plieninger (2013) ve Schaich (2010) gibi çalışmaların ağ haritasındaki merkezi konumları ve yüksek bağlantı sayıları, bu yayınların kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj literatüründe temel referans noktaları olduğunu göstermektedir.

5.2.2.2. Yazarlar Bağlamında Atıf Analizi

Kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj literatürüne katkı sağlayan yazarların etkinliğini belirlemek üzere, atıf ilişkilerine dayalı ağ analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam 1669 yazar tespit edilmiş; en az 1 çalışması bulunan ve çalışmalarına en az 10 atıf yapılmış olan 604 yazar bu analize dâhil edilmiştir. Bu yazarların oluşturduğu ağda, birbirine bağlı en büyük kümenin 115 yazardan oluştuğu belirlenmiştir.

Seçilen yazarlar arasından en etkin olanlar Tablo 5’te listelenmiş, aralarındaki ilişki ağını gösteren harita ise Şekil 5’te sunulmuştur. Yapılan incelemeye göre, bu ağ 14 kümeden ve 520 bağlantıdan oluşmaktadır.



Şekil 5. Yazarlara Göre Atıf Analizi Ağ Haritası

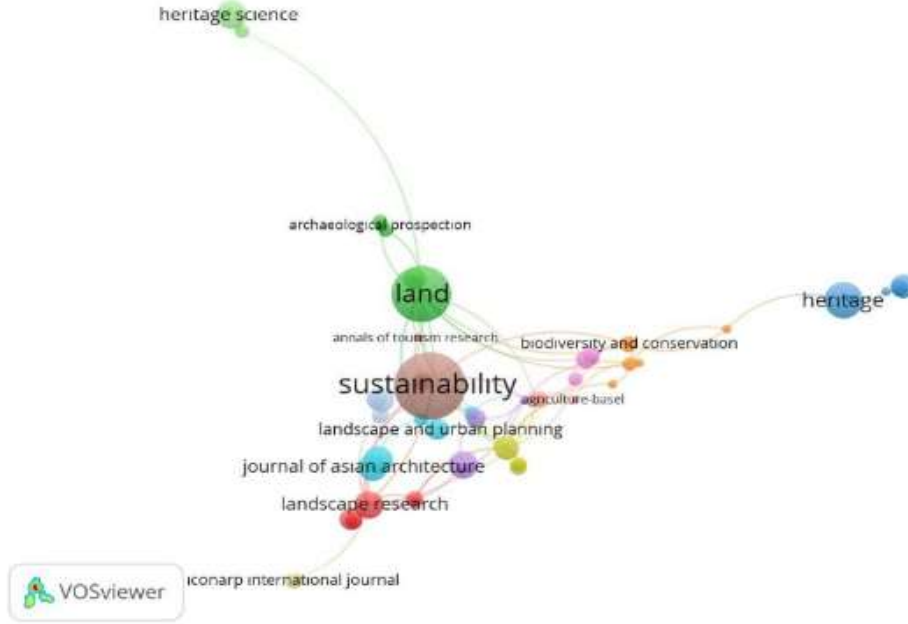
Tablo 5’te yüksek atıf alan yazarlar sıralanmıştır. Listeye göre Plieninger, Tobias 5 çalışmasıyla 1441 atıf alarak ilk sıralarda yer almaktadır. Onu Bieling (2 çalışma, 1185 atıf) ve Dijks ile Oteros-Rozas (1’er çalışma, 967 atıf) takip etmektedir.

Tablo 5. En Fazla Alıntılanan Yazarlar

Yazar	Çalışma Sayısı	Atıf Sayısı	Toplam Bağlantı Gücü
Plieninger, Tobias	5	1441	82
Bieling, Claudia	2	1185	48
Dijks, Sebastian	1	967	24
Oteros-Rozas, Elisa	1	967	24
Verburg, Peter H.	4	521	53
Schulp, Catharina J. E.	3	486	39
Kuemmerle, Tobias	2	295	39
Levers, Christian	2	295	39
Tieskens, Koen F.	2	295	39
Nocca, Francesca	1	280	0
Schaich, Harald	1	218	26
Van Der Zanden, Emma H.	1	191	0
Verkerk, Pieter Johannes	1	191	0
Antrop, M.	1	180	14

5.2.2.3. Kaynaklar Bağlamında Atıf Analizi

Her kaynağın en az bir kültürel miras ile ilişkili kültürel peyzaj çalışmasına yer vermesi ve en az bir kez alıntılanmış olması kriterleri doğrultusunda yapılan kaynaklar bağlamındaki atıf analizinde, 345 kaynaktan 243'ünün eşik değerleri aştığı görülmüştür. Bu kaynaklar içinden ilişkili en büyük seti oluşturan 63 kaynak tespit edilerek ağ haritası Şekil 6'te sunulmuştur.



Şekil 6. Kaynaklara Göre Ortak Atıf Analizi Ağ Haritası

Şekil 6'da yapılan incelemeye göre, ilişkili en büyük seti oluşturan 63 kaynağın birbirleriyle olan etkileşimi görselleştirilmiştir.

Tablo 6. En Fazla Alıntılanan Kültürel Peyzaj Çalışmalarını Yayınlayan Kaynaklar

Kaynak	Çalışma Sayısı	Atıf Sayısı	Toplam Bağlantı Gücü
Land Use Policy	6	1479	22
Sustainability	47	811	12
Land	33	274	16
Heritage Science	9	256	2
Landscape And Urban Planning	5	252	4
Gaia-Ecological Perspectives For Science And Society	1	218	8
Landscape Research	8	198	15
Agriculture Ecosystems & Environment	2	158	8
Journal Of Sustainable Tourism	2	157	1
Livestock Production Science	1	124	0

Analiz sonuçlarına göre, Land Use Policy dergisinde kültürel peyzaj konusunda 6 makale yayınlanmış ve bu çalışmalar toplam 1479 kez alıntılanmıştır. Bu derginin, kültürel peyzaj makalelerinin yer aldığı diğer WoS

kaynaklarıyla toplam bağlantı gücü 22 olarak tespit edilmiştir. Bu kaynağı sırasıyla Sustainability (n=811) ve Land (n=274) dergileri takip etmektedir. Ayrıca Heritage Science (256 atıf) ve Landscape and Urban Planning (252 atıf) dergileri de kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj literatüründe yüksek atıf alan diğer önemli kaynaklar olarak öne çıkmaktadır (Tablo 6).

5.2.2.4. Kurumlar Bağlamında Atıf Analizi

Kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj konusuna yönelik makale üreten kurumlar bağlamında yürütülen analiz sonucuna göre toplam 909 kurum listelenmiş, en az 5 atıf alan çalışmaları yayınlayan kurum sayısının 417 olduğu görülmüştür. Bu kurumlar arasından birbirleri ile ilişkili en büyük seti oluşturan kurum sayısının 95 olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kurumlara Göre Atıf Analizi Ağ Haritası

Şekil 7’de kültürel peyzaj makalesi yayınlayan birbiri ile ilişkili 95 kurumun 12 küme ve 292 bağlantı oluşturduğu görülmektedir. Bu kurumlar arasındaki etkileşimin toplam bağlantı gücü ise 365 olarak tespit edilmiştir

Tablo 7’de 250 ve üzeri atıf alan çalışmaların yürütüldüğü kurumlar incelendiğinde; en fazla atıf gösterilen (n=1480) kültürel peyzaj çalışmalarını yayınlayan kurumun Humboldt Üniversitesi (Humboldt Univ) olduğu görülmektedir. Bu kurumu sırasıyla 1185’er atıf ile Berlin Brandenburg Bilimler Akademisi ve Freiburg Üniversitesi (Univ Freiburg) takip etmektedir. Ayrıca Madrid Özerk Üniversitesi (970 atıf) ve Vrije Amsterdam Üniversitesi (531 atıf) literatürde yüksek etkiye sahip diğer kurumlar olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 7. En Fazla Atıf Alan Kültürel Peyzaj Çalışmalarının Yayınlandığı Kurumlar

Kurum İsmi	Çalışma Sayısı	Atıf Sayısı	Toplam Bağlantı Gücü
Humboldt Univ	4	1480	52
Berlin Brandenburg Acad Sci & H.	2	1185	31
Univ Freiburg	2	1185	31
Univ Autonoma Madrid	3	970	13
Vrije Univ Amsterdam	5	531	29
Swiss Fed Inst Forest Snow & L.	3	385	20
Univ Naples Federico II	5	304	0
Int Council Monuments & S. I.	1	280	0

5.2.2.5. Ülkeler Bağlamında Atıf Analizi

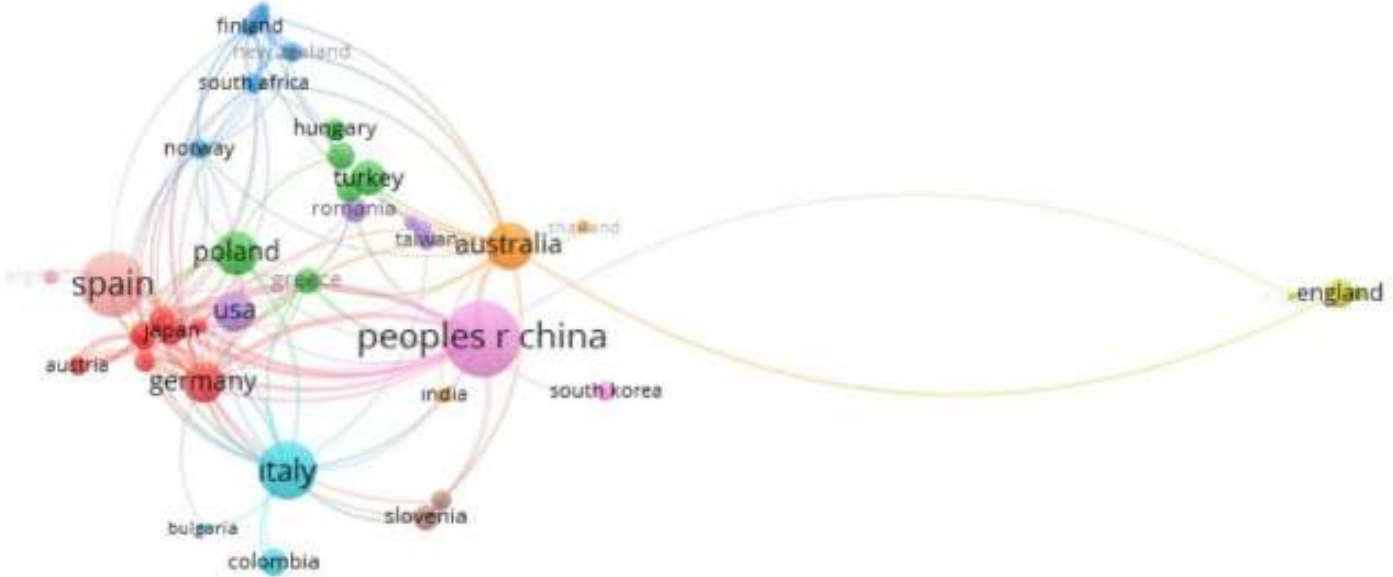
Ülkeler bağlamında yapılan atıf analizinde, en az 1 kültürel peyzaj makalesi yayınlanmış ve en az 1 atıf almış olan ülkeler listelenmiş ve 85 ülkeden 79'unun belirlenen eşikleri sağladığı tespit edilmiştir. Bu ülkelerin oluşturduğu ağda birbirine bağlı en büyük kümenin 45 ülkeden oluştuğu belirlenmiştir.

En fazla makale yayınlanan ve atıf alan ülkelerin sıralaması Tablo 8'de verilmiştir. Buna göre Çin Halk Cumhuriyeti 102 makale ile yayın sayısı bakımından ilk sırada yer alırken, Almanya 29 makalesine karşılık 1804 atıf ve 51 toplam bağlantı gücü ile dikkati çekmektedir. Almanya'yı sırasıyla İspanya (73 makale, 1342 atıf), İtalya (60 makale, 1107 atıf), Çin Halk Cumhuriyeti (102 makale, 1205 atıf), Avustralya (38 makale, 759 atıf) ve Hollanda (12 makale, 614 atıf) takip etmektedir.

Tablo 8. En Fazla Alıntılanan Kültürel Peyzaj Makalesinin Yayınlandığı Ülkeler

Ülke İsmi	Çalışma Sayısı	Atıf Sayısı	Toplam Bağlantı Gücü
Almanya	29	1804	51
İspanya	73	1342	24
Çin Halk Cumhuriyeti	102	1205	63
İtalya	60	1107	40
Avustralya	38	759	37
Hollanda	12	614	35
İsviçre	8	587	28
Amerika Birleşik Devletleri	28	423	12
Finlandiya	8	361	21
Belçika	5	267	18
Danimarka	3	244	26
İngiltere	15	238	6
Slovakya	9	218	24
Yeni Zelanda	8	192	21
Fransa	12	179	4
İsveç	7	167	20
Polonya	33	133	16

Şekil 8'de birbirleriyle bağlantılı 45 ülkenin ağ haritası yer almaktadır. Ağ haritası 10 küme ve 161 bağlantıdan oluşmaktadır. Söz konusu ülkeler arasındaki etkileşimin toplam bağlantı gücü ise 300 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 8. Ülkelere Göre Atıf Analizi Ağ Haritası

Ağ haritası incelendiğinde Tablo 8’de yer almamasına rağmen Türkiye’nin 11 çalışma ile alana katkı sağladığı ve 13 kez bu çalışmaların alıntılandığı belirlenmiştir.

6. SONUÇ

Bibliyometrik analizler, belirli bir araştırma alanında yeni çalışma fikirlerinin geliştirilmesine zemin hazırlayarak, araştırmacılara alanın mevcut boşluklarını belirleme, farklı bakış açılarını keşfetme imkânı sunmakta ve gelecekteki araştırmalar için yeni yollar önermeye yardımcı olmaktadır (Ay vd, 2024; Kobanoğlu vd. 2023).

Bu çalışmada, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj üzerine gerçekleştirilen araştırmaların genel yapısını ortaya koymak amacıyla, Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilen veriler bibliyometrik yöntemlerle analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi sürecinde, bibliyometrik analiz için yaygın olarak kullanılan VOSviewer yazılımından faydalanılmıştır.

“Topic” seçeneği kullanılarak yapılan sorgulamada, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramını konu alan 637 akademik yayının 1997-2026 yılları arasında yayınlandığı ve bu yayınlara toplam 7.324 atıf yapıldığı belirlenmiştir. İlk atıfın 2000 yılında gerçekleştiği tespit edilmiştir. En çok makalenin yayınlandığı 2025 yılında 98 çalışma ve yaklaşık 1576 atıfa ulaşıldığı görülmüştür. Bu çalışmanın yürütüldüğü 2026 yılında ise henüz yıl tamamlanmamış olmasına rağmen 22 makale yayınlanmış ve 503 atıf alınmıştır.

Kavramın WoS veri tabanında yer almaya başladığı beşer yıllık dönemler incelendiğinde, özellikle son yıllarda araştırmacıların ilgisinin açık farkla arttığı görülmektedir. 2021-2026 döneminde yayınlanan 331 makale, toplam yayınların %51,96’sını; aynı dönemde alınan 5183 atıf ise toplam atıfların %70,76’sını oluşturmaktadır. Bu bulgular, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramına yönelik akademik ilginin güçlü bir ivme kazandığını ve günümüzde sürdürülebilirlik, miras koruma ile çevre çalışmaları alanlarındaki artan farkındalıkla paralel olarak yükseldiğini göstermektedir.

Yayınların 90 farklı WoS kategorisi altında yer aldığı, kültürel peyzaj kavramının en fazla Environmental Studies (129 yayın), Environmental Sciences (107 yayın), Humanities Multidisciplinary (107 yayın), Architecture (88 yayın) ve Geography (79 yayın) kategorilerinde araştırıldığı belirlenmiştir. Çalışmaların MDPI, Taylor & Francis, Elsevier ve Springer Nature gibi önde gelen yayınevlerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. İndeks dağılımına göre

ise yayınların %41,29'u ESCI, %32,03'ü SCI-EXPANDED, %29,67'si SSCI ve %17,43'ü A&HCI indekslerinde yer almaktadır.

Anahtar kelime analizleri, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramının en çok “cultural heritage” (kültürel miras), “heritage” (miras), “conservation” (koruma), “sustainable development” (sürdürülebilir kalkınma), “tourism” (turizm) ve “sustainability” (sürdürülebilirlik) kavramlarıyla birlikte kullanıldığını ortaya koymuştur. Son yıllarda özellikle kültürel ekosistem hizmetleri, iklim değişikliği, kırsal peyzaj, sürdürülebilirlik, miraslaştırma ve turizm temalarının öne çıktığı görülmektedir.

Bulgular, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj alanının disiplinlerarası bir nitelik kazandığını ve coğrafya, çevre bilimleri, mimarlık, arkeoloji, turizm ve sürdürülebilirlik çalışmaları gibi farklı disiplinlerin kesişim noktasında önemli bir araştırma alanı haline geldiğini göstermektedir. Plieninger, Bieling, Verburg ve Antrop gibi yazarların öncü çalışmaları ile Almanya, İspanya, İngiltere, İtalya ve Çin'in alana en fazla katkı sağlayan ülkeler arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Türkiye'nin ise 11 çalışma ve 13 kez alıntılanması ile alanda çalışmaları olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma, kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj alanındaki akademik yayınların bibliyometrik analizini yaparak alana ilişkin temel eğilimleri, öne çıkan araştırma konularını ve akademik etkileşimleri ortaya koymayı amaçlamıştır. Sonuçlar, yönetim, planlama ve koruma politikaları açısından kültürel miras bağlamında kültürel peyzaj kavramının giderek daha bütüncül yaklaşımlarla ele alındığını göstermektedir. Çalışmanın yalnızca WoS veri tabanına dayalı olarak gerçekleştirilmiş olması bir kısıt olarak değerlendirilmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda Scopus, Google Scholar gibi farklı veri tabanlarının da dâhil edilmesi, alana yönelik daha kapsamlı ve bütüncül sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alrayyan, K. A. W. T. H. A. R., & Clements, T. E. R. R. Y. (2022). Genealogy of Cultural Landscape Definitions: A Comparative Review of Scholarly and Institutional Definitions. *Landscape Research Record*, 11, 140-155.
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21-34.
- Antrop, M. (2006). Sustainable landscapes: Contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban Planning*, 75(3-4), 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.014>
- Assandri, G., et al. (2018). Farmland abandonment and intensification: Lessons from the past. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Assmann, J. (2011). *Cultural memory and early civilization: Writing, remembrance, and political imagination*. Cambridge University Press.
- Ay, İ., Bekler, S., Bekler, B., & Dal, M. (2024). Taş alterasyonları konusunda yapılmış akademik çalışmaların VOSviewer yazılım programı ile bibliyometrik analizi. *Kültürel Miras Araştırmaları*, 5(1), 15-31.
- Plieninger, T., & Bieling, C. (2012). *Resilience and the cultural landscape: understanding and managing change in human-shaped environments*. Cambridge University Press.
- Demetrescu, E., d'Annibale, E., Ferdani, D., & Fanini, B. (2020). Digital replica of cultural landscapes: An experimental reality-based workflow to create realistic, interactive open world experiences. *Journal of Cultural Heritage*, 41, 125-141.
- Gibon, A. (2005). Managing farming systems for the conservation of mountain landscapes. *Livestock Production Science*.
- Howard, P., Thompson, I., Waterton, E., & Atha, M. (2013). *The Routledge companion to landscape studies*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315195063>
- ICOMOS, (2014). İnsani Değer Olarak Miras ve Peyzaj (Heritage and Landscape as Human Values)- Floransa Bildirgesi. http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0034808001536912096.pdf. (12 Mart 2026).
- Jackson, P. (1989). *Maps of meaning: An introduction to cultural geography*. Unwin Hyman.
- Jones, M. (2003). The concept of cultural landscape: Discourse and narratives. In H. Palang & G. Fry (Eds.), *Landscape interfaces: Cultural heritage in changing landscapes* (pp. 21-51). Springer.
- Kobanoğlu, M. S., & Erdoğan, S. U. (2023). Davranışsal bulaşma kavramına ilişkin bibliyometrik analiz ve yönetim alanına yönelik çıkarımlar. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 849-872.
- Kuşçuoğlu, G. Ö., & Taş, M. (2017). Sürdürülebilir kültürel miras yönetimi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1), 58-67.
- Lennon, J., & Davis, K. (2020). Cultural landscape protection at Lake Victoria, a managed water supply. *Landscape Research*, 45(3), 265-279.
- Lin, L. Z., & Ou, T. Y. (2025). Cultural landscape and tourism potential of Taiwan's old mountain railway: A SWOT-FANP approach to sustainable heritage management. *Cogent Business & Management*, 12(1), Article 2521459.
- Lin, Z., Zhang, L., Tang, S., Song, Y., & Ye, X. (2021). Evaluating cultural landscape remediation design based on VR technology. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), Article 423.

- Lorimer, H. (2005). Jackson, P. 1989: Maps of meaning: An introduction to cultural geography. *Progress in Human Geography*, 29(6), 741–743.
- Martínez de Pisón, E. (1997). The Landscape, a Cultural Heritage. *Revista de Occidente*.
- Moylan, E., Brown, S., & Kelly, C. (2009). Toward a cultural landscape atlas: Representing all the landscape as cultural. *International Journal of Heritage Studies*, 15(5), 447–466.
- Nocca, F. (2017). The role of cultural heritage in sustainable development: Multidimensional indicators as decision-making tool. *Sustainability*, 9(10), 1882. <https://doi.org/10.3390/su9101882>
- Pirselimoğlu Batman, Z., Çelik Çanga, A., & Sökmen, T. (2019). Kültürel peyzajların kırsal turizm ile kullanım ilişkisinin değerlendirilmesi: Cumalıkızık-Bursa örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1), 1–13.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., & Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
- Porter, B. W. (2020). Heritage landscapes, identity and the politics of place. *International Journal of Heritage Studies*, 26(3), 203–218.
- Porter, N. (2020). Strategic planning and place branding in a World Heritage cultural landscape: A case study of the English Lake District, UK. *European Planning Studies*, 28(7), 1291–1314.
- Qiu, L., et al. (2023). Exploring the relationship between cultural landscape heritage and rural sustainability. *Journal of Cleaner Production*.
- Relph, E. (1976). *Place and placelessness*. Pion.
- Robertson, I., & Richards, P. (Eds.). (2003). *Studying cultural landscapes*. Arnold.
- Rössler, M. (2006). World heritage cultural landscapes: A UNESCO flagship programme 1992–2006. *Landscape Research*, 31(4), 333–353. <https://doi.org/10.1080/01426390601004210>
- Sauer, C. O. (1925). The morphology of landscape. *University of California Publications in Geography*, 2(2), 19–53.
- Schaich, H., Bieling, C., & Plieninger, T. (2010). Linking ecosystem services with cultural landscape research. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 19(4), 269–277.
- Schulp, C. J. E., et al. (2019). Cultural ecosystem services: A review of methods and tools. *Ecosystem Services*.
- Shen, H., Aziz, N. F., Huang, M., et al. (2023). Impact of the perceived quality of traditional villages' cultural landscapes on tourists' loyalty. *Journal of Environmental Management & Tourism*, 14(7), 2853–2870.
- Smith, L. (2006). *Uses of heritage*. Routledge.
- Su, Y., & Yang, J. (2025). Research on the protection and development model of cultural landscapes guided by natural and cultural heritage: A case study of post-seismic reconstruction of Dujiangyan Linpan. *Land*, 14(9), Article 1753.
- Taylor, K. (2008). Landscape and memory: Cultural landscapes, intangible values and some thoughts on Asia. *International Journal of Heritage Studies*, 14(1), 17–34.
- Taylor, K. (2016). Cultural landscapes and Asia: Redeeming the past for the future. *International Journal of Heritage Studies*.

- Taylor, K., & Lennon, J. (2011). Cultural landscapes: A bridge between culture and nature? *International Journal of Heritage Studies*, 17(6), 537–554. <https://doi.org/10.1080/13527258.2011.618246>
- Tieskens, K. F., et al. (2017/2018). Aesthetic appreciation of the landscape in Europe: A Google Panoramio analysis. *Landscape and Urban Planning*.
- UNESCO. (1972). *Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage*. <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>
- UNESCO. (1992). *Operational guidelines for the implementation of the World Heritage Convention*.
- UNESCO. (2017). Cultural landscapes: History and terminology. <http://whc.unesco.org/en/culturallandscape/>
- Ünal, Z. G. (2014). Kültürel mirasın korunması. İSMEP Rehber Kitaplar.
- Vakhitova, T. V. (2015). Rethinking conservation: Managing cultural heritage as an inhabited cultural landscape. *Built Environment Project and Asset Management*, 5(2), 217–228.
- Van der Zanden, E. H., Verburg, P. H., Schulp, C. J. E., & Verkerk, P. J. (2017). Trade-offs of European agricultural abandonment. *Land Use Policy*, 62, 290–301.
- Van Eetvelde, V., & Antrop, M. (2004). Analyzing structural and functional changes of traditional cultural landscapes: Two examples from Portugal and Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 67(1-4), 79–95.
- Zhang, C., & Marzbali, M. H. (2024). Mapping traditional village cultural landscape research: A systematic bibliometric analysis. *Forum Geografi*, 38(2), Article 6367.
- Zhou, W., Cenci, J., & Zhang, J. (2023). Systematic bibliometric analysis of the cultural landscape. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(3), 1142–1164.
- Zhuang, X., Yao, Y., & Li, J. (2019). Sociocultural impacts of tourism on residents of world cultural heritage sites in China. *Sustainability*, 11(3), Article 840.

FİZİK BİLGİLİ AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKA DESTEKLİ METAMALZEMELİ YAKIT KALİTE KONTROL ARAYÜZÜ TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAKIR¹/ Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA²

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, mustafa.cakir@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1794-9242

²İskenderun Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, mehmetali.tumkaya@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8105-8057

Özet

Akaryakıt kalite kontrolü, motor performansı ve çevre güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel kimyasal analiz yöntemleri yüksek doğruluk sunmasına rağmen, zaman alıcı ve maliyetli olmaları nedeniyle saha koşullarında gerçek zamanlı uygulamalara uygun değildir. Bu çalışmada, X-band (8-12 GHz) frekans aralığında çalışan bir metamalzeme sensör ile entegre, açıklanabilir yapay zeka destekli yenilikçi bir karar destek arayüzünün tasarımı ve mimarisi sunulmaktadır. Tasarlanan arayüz, sensörden elde edilen ham spektral verileri otomatik olarak işleyerek anlamlı fiziksel özniteliklere (rezonans frekansı, sönümlenme derinliği ve kalite faktörü) dönüştürecek ve bu öznitelikleri Karar Ağacı ile Genelleştirilmiş Doğrusal Model gibi makine öğrenimi algoritmaları aracılığıyla analiz edecek biçimde tasarlanmıştır. Sistem, benzin ve motorin türlerinin ayrıştırılmasına ve taşıyıcı (katkı maddesi veya yabancı madde karışımı) tespitine yönelik tasarlanmıştır. Arayüzün en özgün yanı, entegre Shapley Additive Explanations (SHAP) ve Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME) algoritmaları sayesinde yapay zeka kararlarını şeffaf hale getirmesi ve kullanıcıya sınıflandırma sonuçlarının fiziksel gerekçelerini grafiksel olarak sunabilmesidir. Bu bildiri kapsamında sistemin arayüz mimarisi, modüler yapısı ve XAI entegrasyon tasarımı ele alınmakta; deneysel doğrulama ve performans analizleri ise gelecek çalışmalar için planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Açıklanabilir Yapay Zekâ, Makine Öğrenimi, Karar Destek Sistemleri, Metamalzeme Sensör, S-parametresi Analizi, Taşıyıcı Tespiti.

**PHYSICS-INFORMED EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED
METAMATERIAL-BASED FUEL QUALITY CONTROL INTERFACE DESIGN****Dr. Mustafa ÇAKIR¹/ Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA²****¹Iskenderun Technical University, Iskenderun Vocational School of Higher Education, Department of
Electronics and Automation, mustafa.cakir@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1794-9242****²Iskenderun Technical University, Department of Electrical and Electronics Engineering,
mehmetali.tumkaya@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8105-8057****Abstract**

Fuel quality control is of critical importance for engine performance and environmental safety. Although traditional chemical analysis methods offer high accuracy, they are not suitable for real-time field applications due to being time-consuming and costly. In this study, the design and architecture of an innovative decision support interface integrated with a metamaterial sensor operating in the X-band (8-12 GHz) and supported by Explainable Artificial Intelligence are presented. The proposed interface is designed to automatically process raw spectral data obtained from the sensor, transforming them into meaningful physical features (resonance frequency, notch depth, and quality factor), and to analyze these features using machine learning algorithms such as Decision Tree and Generalized Linear Model. The system is architected to support the discrimination of gasoline and diesel fuel types and to facilitate the detection of adulteration (additive or foreign substance mixture). The most distinctive aspect of the interface is its ability to make artificial intelligence decisions transparent through integrated Shapley Additive Explanations (SHAP) and Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME) algorithms, presenting the physical justifications of classification results to the user graphically. This paper focuses on the interface architecture, modular design structure, and XAI integration framework; experimental validation and performance analysis are reserved for future work.

Keywords: Explainable Artificial Intelligence, Machine Learning, Decision Support Systems, Metamaterial Sensor, S-parameter Analysis, Adulteration Detection.

1. GİRİŞ

Akaryakıt kalitesinin izlenmesi, içten yanmalı motorların verimli çalışması, emisyon değerlerinin kontrol altında tutulması ve uzun ömürlü kullanım açısından büyük önem taşımaktadır. Tağış veya yanlış sınıflandırılmış yakıtlar, motor hasarlarına, yakıt tüketiminde artışa ve çevreye zararlı emisyonların yükselmesine neden olabilmektedir (Agarwal, 2007). Bu nedenle, akaryakıt kalite kontrolünün hızlı, güvenilir ve sahada uygulanabilir yöntemlerle gerçekleştirilmesi, hem düzenleyici kurumlar hem de otomotiv endüstrisi için kritik bir gerekliliktir.

Geleneksel olarak akaryakıt karakterizasyonu, Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) gibi standart fizikokimyasal tekniklerle yapılmaktadır (Skoog vd., 2017). Bu yöntemler oldukça hassas olmakla birlikte, örneklerin tahrip edilmesini gerektirmeleri, uzun analiz süreleri ve laboratuvar ortamına bağımlılıkları nedeniyle gerçek zamanlı, yerinde izleme uygulamaları için uygun değildirler. Bu sınırlamaları aşmak amacıyla, mikrodalga algılama teknolojileri umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle metamalzeme tabanlı sensörler, dielektrik geçirgenlik değişimlerine karşı yüksek hassasiyet sunarak sıvı örneklerin tahribatsız test edilmesine olanak tanımaktadır (Tümkaya vd., 2018).

Literatürdeki mevcut çalışmalar ağırlıklı olarak donanım tarafına odaklanmış ve daha yüksek kalite faktörlü veya çok bantlı yanıtı rezonatör tasarımları geliştirmiştir (Salim & Salim, 2018; Ekmekci & Turhan-Sayan, 2013). Ancak, bu sistemlerde sensör verilerinin yorumlanması çoğunlukla manuel spektral kayma incelemesine dayanmakta olup, bu durum özellikle benzin ve motorin gibi kimyasal olarak benzer yakıtlar arasında ayırım yaparken insan hatasına açıktır. Bununla birlikte, bazı güncel çalışmalar sınıflandırma için makine öğrenimi (Machine Learning- ML) algoritmalarını entegre etmiş olsa da, bu modeller genellikle kara kutu olarak ele alınmakta ve belirli bir kararın neden verildiğine dair fiziksel yorumlanabilirlikten yoksundur (Lee vd., 2021; Baharudin vd., 2021).

Son yıllarda gelişmekte olan Açıklanabilir Yapay Zeka (Explainable Artificial Intelligence - XAI) alanı, model tahminlerine yorumlanabilir içgörüler sağlayarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. XAI yöntemleri, belirli özelliklerin sınıflandırma sonuçlarına katkısını tanımlayıp nicelendirerek araştırmacıların ve uygulayıcıların ML kararlarını algılama sisteminin fiziksel özellikleriyle ilişkilendirmesine olanak tanır (Lundberg & Lee, 2017; Ribeiro vd., 2016).

Metamalzeme tabanlı algılama ile ML yaklaşımlarını birleştiren çalışmaların sınırlı sayıda olması, bu alanda bütünlük bir çerçeve geliştirme ihtiyacını doğurmuştur. Bu çalışma, geleneksel rezonans tabanlı tespiti veri odaklı, yorumlanabilir bir sınıflandırma sistemine dönüştüren, ML ile güçlendirilmiş bir arayüz mimarisi önermektedir. Önerilen yaklaşım, yalnızca donanım odaklı çözümlerin hassasiyet sınırlamalarını ve yalnızca veri odaklı ML yöntemlerinin yorumlanabilirlik eksikliklerini birlikte ele almayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın temel katkıları aşağıda sıralanmıştır:

- X-band (8-12 GHz) aralığında çalışan bir metamalzeme sensör ile entegre, iki aşamalı sınıflandırma mantığına sahip bir karar destek arayüzü tasarımı,
- Arayüzde kullanılan öznitelik mühendisliği ve veri ön işleme pipeline yapısının detaylandırılması,
- SHAP ve LIME teknikleri ile ML kararlarını şeffaf hale getiren bir XAI entegrasyon mimarisinin sunulması,
- Sistemin kullanıcı deneyimi açısından tasarım prensipleri ve etkileşim akışlarının ortaya konması.

Bu bildiri kapsamında, tasarlanan sistemin arayüz mimarisi, modüler katman yapısı ve XAI entegrasyonu ele alınmaktadır. Sistemin deneysel doğrulama süreci halihazırda devam etmekte olup, deneyler tamamlandığında elde edilecek kapsamlı veri kümesi kullanılarak sınıflandırma doğruluğu, duyarlılık analizi ve karşılaştırmalı

performans değerlendirmesi gibi bulgular, makale olarak yayımlanması planlanan ileri bir çalışmada raporlanacaktır.

2. YÖNTEM

Geliştirilen karar destek arayüzü, üç ana katmandan oluşan modüler bir mimariye sahiptir: (1) Veri İşleme ve Öznitelik Çıkarma Katmanı, (2) ML Sınıflandırma Katmanı ve (3) Açıklanabilirlik ve Görselleştirme Katmanı. Sistemin genel mimarisi bu bölümde adım adım incelenmektedir.

2.1. Veri İşleme ve Öznitelik Çıkarma Katmanı

Bu katman, metamatizme sensörden elde edilen ham S-parametresi (S_{11}) verilerini alır ve anlamlı fiziksel özniteliklere dönüştürür. 8-12 GHz frekans aralığındaki ham veriler için, gerçek zamanlı sınıflandırma senaryolarında hesaplama yükünü azaltmak amacıyla bir boyut indirgeme yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda, her spektral imza aşağıda tanımlanan üç temel öznitelikçe indirgenmesi öngörülmektedir:

- Rezonans Frekansı (f_{res}): Yansıma katsayısının ($|S_{11}|$) küresel minimum değerine karşılık gelen frekans değeridir. Bu öznitelik, numunenin gerçek dielektrik geçirgenliğinin (ϵ') birincil göstergesidir.
- Sönümlenme Derinliği ($|S_{11}|_{min}$): Rezonans noktasındaki yansıma katsayısının genlik değeridir. Bu öznitelik, dielektrik kayıp tanjantına ($\tan\delta$) ve empedans uyumuna karşı hassastır.
- Kalite Faktörü (Q): Rezonansın keskinliğini temsil eder ve rezonans frekansının 3-dB bant genişliğine oranı olarak tanımlanmaktadır.

Bu öznitelik çıkarma işleminin, arayüzün arka planında otomatik olarak çalışan bir veri ön işleme pipeline'ı aracılığıyla gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

2.2. ML Sınıflandırma Katmanı

Çıkarılan öznitelik vektörü $X = [f_{res}, |S_{11}|_{min}, Q]$, iki aşamalı bir sınıflandırma mantığı ile işlenir:

- 1.Aşama - Yakıt Türü Tanımlama: Bu aşamada, numunenin Benzin mi yoksa Motorin mi olduğunun belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla Genelleştirilmiş Doğrusal Model (GLM) sınıflandırıcısının kullanılması planlanmıştır. GLM, lojistik regresyon fonksiyonu aracılığıyla özniteliklerin sınıf olasılıklarına dönüştürülmesine olanak tanımaktadır.
- 2. Aşama - Özgünlük Doğrulama: İlk aşamada belirlenen yakıt türüne göre, numunenin *Orijinal* mi yoksa *Tağışlı* mi olduğu kararlaştırılacaktır. Bu aşamada GLM ve Karar Ağacı algoritmaları karşılaştırmalı olarak çalıştırılacak; her iki modelin sınıflandırma sonuçları arayüzde yan yana sunulacak ve nihai karar, doğrulama aşamasında daha yüksek doğruluk gösteren modelin çıktısı esas alınarak kullanıcıya iletilecek şekilde tasarlanmıştır. Karar Ağacı, özellikle hiyerarşik karar yapısının görselleştirilmesi ve anlaşılması açısından tasarıma katkı sağlaması beklenmektedir.

GLM'nin sınıflandırma problemlerinde ve sahada kullanılabilir arayüzlerle entegrasyonu daha önceki çalışmalarımızda gösterilmiştir (Aydemir vd., 2025). Her iki sınıflandırıcı da, kullanıcı arayüzü üzerinden gerçek zamanlı olarak çalıştırılabilecek şekilde tasarlanmış olup sonuçlar anında görüntülenebilecektir. Sınıflandırma modellerinin, ilgili yakıt verisi üzerinde eğitilmesi ve doğrulanması bir sonraki çalışma aşamasında planlanmaktadır.

2.3. Açıklanabilirlik ve Görselleştirme Katmanı

Bu katman, sistemin en özgün bileşenini oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Sınıflandırma sonucunun yanı sıra, kararın hangi özniteliklere dayanarak verildiğini açıklayan görsel ve sayısal geri bildirimlerin sunulması hedeflenmektedir. Bu amaçla iki temel XAI tekniğinin entegrasyonu planlanmıştır:

- SHAP (Shapley Additive Explanations): Her bir özneliliğin (f_{res} , $|S_{11}|_{min}$, Q) sınıflandırma sonucuna olan katkısını Shapley değerleri ile hesaplayacak şekilde yapılandırılmıştır. Bu değerlerin, özneliliklerin pozitif veya negatif yönde tahmine etkisini gösteren özet grafikler (örneğin, özetleyici kuvvet grafiği) aracılığıyla sunulması planlanmaktadır (Lundberg & Lee, 2017).
- LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations): Belirli bir örnek için yerel olarak yorumlanabilir bir model oluşturarak o örneğe özel açıklamalar üretecek biçimde tasarlanmıştır. LIME, özellikle bireysel tahminlerin neden belirli bir sınıfa atandığını anlamak amacıyla kullanılacaktır (Ribeiro vd., 2016).

Arayüzün, bu XAI çıktılarını kullanıcı dostu grafikler (çubuk grafikler, özetleyici grafikler, karar ağacı görselleştirmeleri) aracılığıyla sunarak kullanıcıların yalnızca sonucu değil, sonucun dayandığı fiziksel gerekçeleri de görmesine olanak tanıyacak biçimde tasarlanması hedeflenmiştir.

2.4. Arayüz Tasarımı ve Kullanıcı Deneyimi

R-Shiny platformu ile interaktif arayüz geliştirme konusundaki önceki deneyimlerimiz (Çakır, 2026), bu çalışmanın arayüz mimarisinin temelini oluşturmuştur. Geliştirilen arayüz, web tabanlı bir platform (R-Shiny) üzerinde tasarlanmıştır. Arayüzün temel tasarım prensipleri şunlardır:

- Basitlik: Kullanıcının uzmanlık bilgisine ihtiyaç duymadan sistemi çalıştırabilmesi hedeflenmiştir.
- Anlık Geri Bildirim: Veri yükleme veya ölçüm sonrasında işlemlerin otomatik olarak başlatılması ve sonuçların 50 ms hedef süresi içerisinde kullanıcıya sunulması tasarım hedefi olarak belirlenmiştir. Bu hedefin ulaşılabilir olması, öznelilik uzayının yalnızca üç değişkenle (f_{res} , $|S_{11}|_{min}$, Q) sınırlı tutulmasına ve TreeSHAP gibi düşük karmaşıklıkla açıklama algoritmalarının tercih edilmesine dayanmaktadır; bu değerlerin kesin doğrulaması gerçek zamanlı testlerle bir sonraki çalışma aşamasında yapılacaktır.
- Şeffaflık: Sınıflandırma sonucu ve XAI açıklamalarının aynı ekranda birbirini tamamlayacak şekilde konumlandırılması tasarım hedefi olarak belirlenmiştir.

Arayüz, kullanıcı etkileşimini dört ana aşamada yönetecek şekilde kurgulanmıştır:

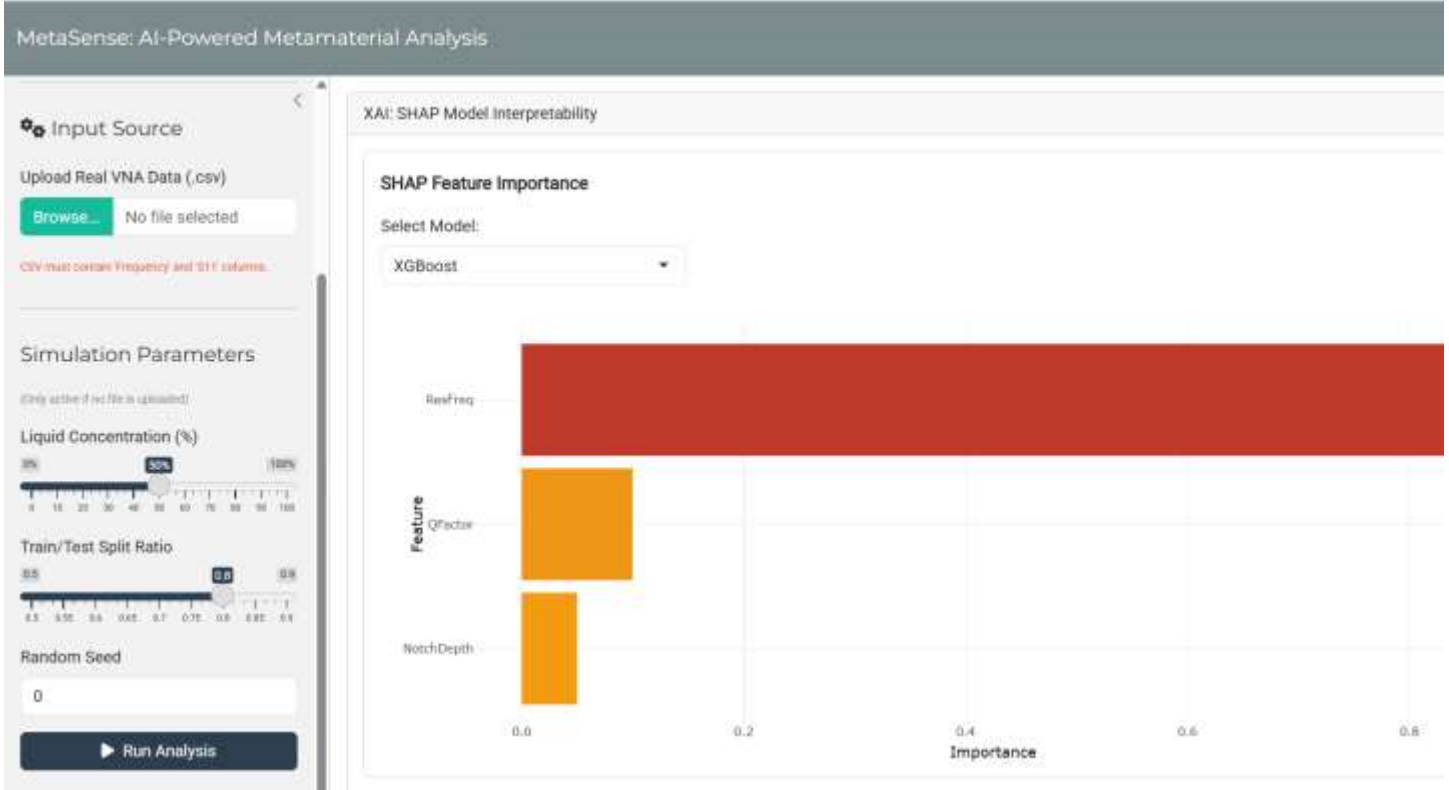
- Veri Girişi: Kullanıcı, sensörden elde edilen S_{11} verisini (CSV veya TXT formatında) arayüze yükleyebilecektir.
- Otomatik Öznelilik Çıkarma: Yüklenen verinin, arka plandaki pipeline tarafından işlenerek f_{res} , $|S_{11}|_{min}$ ve Q öznelilikleri hesaplanacaktır.
- Sınıflandırma: Hesaplanan öznelilikler, eğitim aşamasında beslenecek olan ML modellerine iletilmek üzere tasarlanmış olup sistem, aynı ekranda Yakıt Türü ve Özgünlük Durumu olmak üzere iki ayrı sonuç üretecek şekilde kurgulanmıştır.
- Açıklama ve Raporlama: Sınıflandırma sonuçlarının altında SHAP ve LIME analizlerine ait görselleştirmelerin sunulması planlanmaktadır. Kullanıcının bu raporu PDF formatında dışa aktarabilmesi de tasarım kapsamında öngörülmüştür.

3. ARAYÜZ TASARIMI VE SUNUMU

Bu bölümde, tasarlanan arayüzün işlevselliğine, modüler yapısına ve kullanıcı etkileşim akışına yönelik tanıtım bilgileri sunulmaktadır (bkz. Giriş'te belirtilen kapsam sınırlaması).

3.1. Arayüz Ekran Görüntüleri ve Kullanıcı Akışı

Geliştirilen arayüzün ana ekran görüntüsü Şekil 1'de sunulmaktadır. Arayüz, sol tarafta veri yükleme ve kontrol paneli, sağ tarafta ise sınıflandırma sonuçları ve XAI görselleştirmeleri olacak şekilde iki ana sütuna ayrılmıştır.



Şekil 1. Tasarlanan R-Shiny Arayüzü Ana Ekran Yerleşimi (Not: Ekran görüntüsünde yer alan sınıflandırma sonuçları ve grafikler, arayüzün işlevselliğini ve düzenini göstermek amacıyla rastgele üretilmiş demo verileri kullanılarak elde edilmiştir; gerçek sensör ölçümlerine veya eğitilmiş model çıktılarına dayanmamaktadır.)

Kullanıcı akışı aşağıdaki adımları takip etmektedir:

- Kullanıcı, *Browse* butonu ile sensör çıktısı olan S_{11} veri dosyasını seçebilecektir (Örnek bir veri seti ile test yapabilme imkânının da sunulması öngörülmüştür).
- Sistem, otomatik olarak öznitelik çıkarma işlemini başlatacak ve hesaplanan f_{res} , $|S_{11}|_{min}$ ve Q özniteliklerinin hesaplanarak ekranın sağ üst panelinde görüntülenmesi öngörülmektedir.

Eş zamanlı olarak sistem sınıflandırma işlemini gerçekleştirecek ve sonuçları iki ayrı kart halinde sunacak şekilde tasarlanmıştır:

- Yakıt Türü kartı: Benzin / Motorin
- Durum kartı: Orijinal / Tağşişli
- Ekranın alt panelinde, her iki karta ait sınıflandırma kararlarını destekleyen SHAP ve LIME görselleştirmeleri sunulmakta; kullanıcı bu sonuçları PDF formatında dışa aktarabilmektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, metamazeme tabanlı mikrodalga algılama ile XAI teknolojilerini bütünleştiren yenilikçi bir karar destek arayüzü tasarımı sunulmuştur. Geliştirilen arayüz, geleneksel manuel spektral analiz yöntemlerinin ve kara kutu ML yaklaşımlarının sınırlamalarını aşmayı hedeflemektedir.

Önerilen sistemin temel çıktıları şu şekilde özetlenebilir:

- Otomasyon ve Hız: Arayüz, veri yükleme sonrasında öznitelik çıkarma, sınıflandırma ve açıklama süreçlerini 50 ms hedef süresi içinde tamamlayacak biçimde tasarlanmıştır. Bu tasarım hedefi, özellikle saha koşullarında hızlı karar verilmesi gereken durumlar için kritik bir avantaj potansiyeli taşımaktadır.
- Şeffaflık ve Güven: Arayüze entegre edilmesi planlanan SHAP ve LIME algoritmaları sayesinde ML modelinin verdiği her kararın fiziksel ve matematiksel gerekçelerinin kullanıcıya sunulması hedeflenmektedir. Bu tasarım anlayışı, sistemin yalnızca bir sınıflandırıcı olmaktan çıkarak kararları denetlenebilir ve güvenilir bir karar destek aracı niteliği kazanmasını amaçlamaktadır.
- Kullanıcı Dostu Tasarım: Arayüz, alanında uzman olmayan kullanıcıların dahi rahatlıkla kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Veri girişinden raporlamaya kadar tüm süreçlerin sezgisel bir akışla yönetilmesi hedeflenmiştir.
- Fizik ile Uyumluluk: XAI çıktıları, temel elektromanyetik perturbasyon teorisi ile uyumlu bir şekilde yorumlanabilecek biçimde tasarlanmıştır. Örneğin, yüksek dielektrik sabitine sahip kirleticilerin varlığında rezonans frekansındaki kaymaların karar mekanizmasında baskın faktör olarak öne çıkması beklenmekte olup bu durum, sistemin fizik-bilinçli bir yaklaşımla kurgulandığını ortaya koymaktadır.

Literatürdeki mevcut mikrodalga sensör çalışmaları genellikle tek bir problemi (örneğin, sadece taşıma tespiti) çözmeye odaklanırken, önerilen sistem hem yakıt türü ayrımını hem de özgünlük doğrulamayı eş zamanlı olarak destekleyecek biçimde tasarlanmıştır. Ayrıca, literatürdeki ML destekli sensör çalışmalarının çoğu yorumlanabilirlikten yoksunken, bu çalışma XAI entegrasyonu ile bu açığı kapatmayı amaçlamaktadır.

Gelecek çalışmalarda aşağıdaki konulara odaklanılması planlanmaktadır:

- GLM ve Karar Ağacı sınıflandırıcılarının gerçek benzin/motorin numuneleri üzerinden toplanan verilerle eğitilmesi, çapraz doğrulanması ve sınıflandırma performansının nicel olarak raporlanması,
- Arayüzün, biyo-dizel ve etanol karışımları (E10, E85) gibi farklı yakıt türlerini de kapsayacak şekilde genişletilmesi,
- Sıcaklık değişimlerinin sensör yanıtı üzerindeki etkisini telafi eden bir algoritmanın arayüze entegre edilmesi,
- Geliştirilen XAI algoritmasının, saha operasyonları için taşınabilir bir FPGA birimine gömülmesi,
- Arayüzün çoklu sensör girişlerini destekleyecek şekilde ölçeklendirilmesi.

Sonuç olarak, bu çalışmada sunulan arayüz tasarımı, mikrodalga algılama ve yapay zeka teknolojilerinin sinerjisinin, akaryakıt kalite kontrolü gibi kritik bir alanda etkin, hızlı ve güvenilir bir çözüm sunma potansiyelini ortaya koymaktadır. Belirtildiği üzere deneysel doğrulama gelecek çalışmaya bırakılmıştır. Bu çalışma, karar destek sistemlerinin mühendislik alanına uyarlanmasına yönelik önceki çalışmalarımızı (Çakır, 2025) ileri bir seviyeye taşımayı hedeflemektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal, A. K. (2007). Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33 (3), 233-271.
- Aydemir, M., Çakır, M., Oral, O., & Yılmaz, M. (2025). Diagnosis of Cushing's syndrome with generalized linear model and development of mobile application. *Medicine*, 104 (25), e42910.
- Baharudin, Z., Alahnomi, R. A., & Zakaria, N. A. (2021). Real-time monitoring of petrol purity using microwave sensor and neural network. *Measurement*, 168, 108304.
- Çakır, M. (2025). Comparison of machine learning models in heart failure prediction and their integration into clinical decision support systems. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 9(2).
- Çakır, M. (2026). Prediction of fatigue crack growth rate, maximum strain energy release rate, and total energy dissipation in adhesive bonds: A machine learning approach and interactive R-Shiny application. *PeerJ Computer Science*, 12, e3450.
- Ekmekci, A., & Turhan-Sayan, G. (2013). Investigation of effective permittivity and permeability for a novel V-shaped metamaterial using standard retrieval method. *Optik*, 124 (18), 3214-3218.
- Lee, H. J., Lee, J. H., & Jung, H. I. (2021). A machine learning approach to improve the sensing performance of a microwave sensor for liquid characterization. *IEEE Sensors Journal*, 21 (14), 15823-15830.
- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS)*, 4768-4777.
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). Why should I trust you?: Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1135-1144.
- Salim, J. H., & Salim, A. V. (2018). High-sensitivity microwave sensor for liquid characterization using a complementary split-ring resonator. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 28 (7), 630-632.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2017). *Principles of Instrumental Analysis* (7th ed.). Cengage Learning.
- Tümkiye, M. A., Karaaslan, M., & Sabah, C. (2018). Metamaterial-based fluid sensor for fuel characterization. *Chinese Journal of Physics*, 56 (5). doi.org/10.1016/j.cjph.2018.08.018

AMORF INSE İNCE FİMLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YANITININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI ÖNGÖRÜCÜ SHINY TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAKIR¹/ Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA²

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, mustafa.cakir@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1794-9242

²İskenderun Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, mali.tumkaya@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8105-8057

Özet

Amorf indiyum selenür (InSe) bazlı kalkojenit ince filmler, üstün doğrusal olmayan optik özellikleri nedeniyle fotonik ve optoelektronik uygulamalar için büyük önem taşımaktadır. Bu malzemelerin spektral yanıtları; uyarma rejimi, dalga boyu (λ) ve katkılama konsantrasyonu (Dc) gibi birden fazla parametrenin karmaşık etkileşimi altında şekillenmekte olup, bu ilişkilerin geleneksel yöntemlerle modellenmesi oldukça zordur. Son yıllarda makine öğrenmesi (MÖ) bu tür doğrusal olmayan problemler için güçlü bir araç haline gelmiş olsa da, yazılım ve kodlama bilgisi gerektirmesi, alan uzmanı deneysel araştırmacıların bu yöntemleri günlük çalışmalarına entegre etmesinin önündeki en büyük engeldir. Bu çalışma, söz konusu engeli ortadan kaldırmayı hedefleyen, R programlama dilinin Shiny paketi ile geliştirilmiş etkileşimli ve modüler bir web tabanlı öngörü arayüzünün tasarımını ve mimarisini sunmaktadır. Geliştirilen uygulama, kullanıcıların herhangi bir kod yazmasına gerek kalmadan, λ ve Dc giriş parametrelerini sezgisel grafik kaydırıcılar (slider) aracılığıyla ayarlayarak anlık spektral yoğunluk tahminleri almasını sağlamaktadır. Uygulamanın arka uç tahmin motoru, ileride toplanacak deneysel Z-tarama ölçümlerinden elde edilecek veri setleri üzerinde eğitilmek üzere Doğrusal Regresyon (DR), Karar Ağacı (KA), Rastgele Orman (RO), Destek Vektör Makinesi (DVM) ve Ekstrem Gradyan Artırma (EGA) olmak üzere beş farklı regresyon algoritmasını bünyesinde barındıracak şekilde tasarlanmıştır. Arayüz, yalnızca parametrik tahmin üretmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kullanıcıların kendi deneysel ölçüm verilerini sisteme yükleyerek model çıktılarıyla görsel olarak karşılaştırma yapabilmesine olanak tanıyan kapsamlı bir geri bildirim mekanizması sunmaktadır. Bu çalışma ile malzeme bilimi ve fotonik alanlarındaki araştırmacılara, tekrarlanabilir, şeffaf ve kodlama bilgisi gerektirmeyen, veri odaklı karar verme süreçlerini hızlandıran yenilikçi bir hesaplama platformu kazandırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Amorf InSe, doğrusal olmayan optik, makine öğrenmesi, spektral yoğunluk tahmini, Shiny.

A MACHINE LEARNING-DRIVEN PREDICTIVE SHINY INTERFACE FOR THE NONLINEAR SPECTRAL RESPONSE OF AMORPHOUS InSe THIN FILMS

Dr. Mustafa ÇAKIR¹/ Dr. Mehmet Ali TÜMKAYA²

¹Iskenderun Technical University, Iskenderun Vocational School of Higher Education, Department of Electronics and Automation, mustafa.cakir@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1794-9242

²Iskenderun Technical University, Department of Electrical and Electronics Engineering, mali.tumkaya@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8105-8057

Abstract

Amorphous indium selenide (InSe)-based chalcogenide thin films hold significant importance for photonic and optoelectronic applications due to their superior nonlinear optical properties. The spectral response of these materials is shaped by intricate interactions among multiple parameters, including excitation regime, wavelength, and doping concentration, rendering conventional modeling approaches inherently difficult. While machine learning (ML) has recently emerged as a powerful alternative for tackling such nonlinear problems, the prerequisite of programming and software development expertise poses a substantial barrier to domain specialists, particularly experimental researchers, seeking to incorporate these algorithms into their daily research routines. To effectively eliminate this barrier, the present study introduces the design and architecture of an interactive, modular, web-based predictive interface developed using the Shiny package of the R programming language. The proposed application enables users to generate instantaneous spectral intensity predictions without writing a single line of code, simply by adjusting the key input parameters, namely wavelength (λ) and doping concentration (D_c), through intuitive graphical sliders and numeric input widgets. Architecturally, the computational backend of the interface is designed to integrate five distinct regression algorithms, Linear Regression, Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine, and Extreme Gradient Boosting, to be trained on Z-scan datasets to be experimentally acquired in future work, thereby providing a flexible and extensible prediction engine. Beyond the generation of parametric predictions, the interface incorporates a comprehensive feedback mechanism that allows researchers to upload their own external experimental measurement data directly into the platform, enabling side-by-side visual comparisons between actual observations and model forecasts. Through this work, it is aimed to provide the materials science and photonics communities with a reproducible, transparent, and user-friendly computational platform that effectively democratizes access to advanced predictive analytics, substantially accelerates data-driven decision-making processes, and bridges the critical gap between experimental characterization workflows and modern ML methodologies.

Keywords: Amorphous InSe, nonlinear optics, machine learning, spectral intensity prediction, Shiny.

1. GİRİŞ

InSe, kalkojenit ailesi içinde yüksek elektron mobilitesi, ayarlanabilir bant aralığı ve güçlü doğrusal olmayan optik yanıtı nedeniyle yeni nesil fotonik ve optoelektronik aygıtlar için önemli bir katmanlı yarı iletken malzeme olarak değerlendirilmektedir (Salwa vd., 2021; Ahmad vd., 2025). Özellikle amorf InSe ince filmlerde doğrusal olmayan optik yanıtın film kalınlığına, katkılama düzeyine ve uyarım rejimine (nanosaniye/pikosaniye) karşı yüksek duyarlılık göstermesi, bu malzemeyi fotodedektörler, optik anahtarlama elemanları ve ultrafast doğrusal olmayan fotonik uygulamalar açısından oldukça cazip kılmaktadır (Yüksek, 2012; Chen vd., 2022). Bu tür malzemelerin doğrusal olmayan kırılma indisi ve soğurma davranışının karakterizasyonunda Z-tarama tekniği, yaygın biçimde kullanılan deneysel bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Van Stryland ve Sheik-Bahae, 2018; Ajami vd., 2024). Bununla birlikte, nanosaniye rejiminde termal nonlinearliklerin, pikosaniye rejiminde ise hızlı elektronik süreçlerin baskın hale gelmesi, ölçülen spektral yoğunluğun λ , Dc ve darbe süresi gibi birden fazla parametrenin karmaşık ve doğrusal olmayan etkileşimi sonucunda şekillenmesine neden olmakta; bu durum klasik doğrusal veya polinom tabanlı ampirik modellerle açıklamayı güçleştirmektedir.

Son yıllarda MÖ teknikleri, yüksek boyutlu deneysel veriler içinde saklı doğrusal olmayan örüntüleri tanımlama kapasitesi sayesinde optik ve fotonik malzemelerin öngörülü karakterizasyonunda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Belciu ve Velea, 2025; Saraiva ve Mendonça, 2025). Literatürdeki mevcut çalışmalar, kalkojenit camların kırılma indisi veya doğrusal olmayan kırılma katsayısının tahmininde RO, DVM ve EGA gibi topluluk ve çekirdek tabanlı modellerin doğrusal yaklaşımlara göre önemli ölçüde daha başarılı olduğunu göstermekle birlikte, bu çalışmaların büyük çoğunluğu yalnızca model performansının raporlanmasına odaklanmıştır. Araştırmacılar, geliştirilen bu modelleri deneysel süreçlerine entegre etmek istediklerinde, Python veya R gibi programlama dillerinde kod yazma, model yükleme ve ön işleme adımlarını yönetme zorunluluğu ile karşılaşmaktadır. Bu durum, özellikle alan uzmanı olan ancak yazılım geliştirme geçmişi sınırlı deneysel araştırmacılar için önemli bir kullanım engeli teşkil etmekte ve gelişmiş veri odaklı yöntemlerin malzeme bilimi laboratuvarlarında yaygınlaşmasının önündeki en kritik darboğazı oluşturmaktadır. Mevcut literatürde, bu algoritmaları deneyseller için erişilebilir kılacak, kodlama gerektirmeyen, etkileşimli ve görsel bir arayüz üzerinden çalışan özel bir yazılım mimarisi önerisine rastlanmamaktadır.

Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmak üzere, amorf InSe ince filmlerin nanosaniye ve pikosaniye uyarılma rejimleri altındaki doğrusal olmayan spektral yoğunluk yanıtlarını tahmin etmek için R programlama dilinin Shiny paketi ile geliştirilmiş etkileşimli, modüler ve web tabanlı bir öngörü arayüzünün tasarımını ve mimarisini sunmaktadır. Arayüz, kullanıcıların herhangi bir kod bilgisine ihtiyaç duymadan, yalnızca grafik kaydırıcılar (slider) aracılığıyla λ ve Dc girdilerini değiştirerek anlık spektral yoğunluk tahminleri üretmesine olanak tanımaktadır. Uygulamanın arka uç tahmin motoru; DR, KA, RO, DVM ve EGA olmak üzere beş farklı regresyon algoritmasını entegre edecek şekilde tasarlanmıştır (Breiman, 2001; Hearst vd., 1998; Chen ve Guestrin, 2016). Bununla birlikte, arayüz yalnızca parametrik tahmin üretmekle kalmayıp, kullanıcıların kendi deneysel Z-tarama ölçüm verilerini doğrudan platforma yükleyerek model çıktılarıyla görsel olarak karşılaştırma yapabilmesine imkân sağlayan kapsamlı bir geri bildirim mekanizması da içermektedir.

Böylece bu bildiri, malzeme bilimi ve fotonik alanlarındaki araştırmacılara, tekrarlanabilir, şeffaf ve kodlama bilgisi gerektirmeyen, veri odaklı tahmin süreçlerini laboratuvar rutinine entegre edebilecekleri yenilikçi bir hesaplama platformu kazandırmayı amaçlamaktadır. Sunulan Shiny uygulaması, karmaşık MÖ modelleri ile deneysel fizikçiler arasında köprü kurarak, doğrusal olmayan optik karakterizasyon çalışmalarında veri odaklı karar verme süreçlerini hızlandırmayı ve bu yöntemlerin erişilebilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Bu çalışmada öncelikle uygulamanın geliştirilmesinde kullanılan veri seti ve arka uç modeller tanıtılacak (Bölüm 2), ardından Shiny arayüzünün katmanlı mimarisi, kullanıcı etkileşim akışı ve modüler bileşenleri detaylandırılacaktır (Bölüm 3). Son olarak, örnek kullanım senaryoları üzerinden arayüzün işlevselliği gösterilecek ve geliştirilen platformun kapsamı, sınırlılıkları ile gelecekteki iyileştirme olanakları tartışılacaktır (Bölüm 4).

2. YÖNTEM

2.1. Veri Seti ve Deneyisel Parametreler

Bu çalışmada geliştirilen Shiny uygulamasının arka uç tahmin motorunun eğitilmesinde kullanılması öngörülen veri setinin, amorf InSe ince filmlere ait Z-tarama ölçümlerinden elde edilmesi planlanmaktadır. Deneylerin, 1064 nm dalga boyunda çalışan bir Nd:YAG lazer sistemi ile pompalanan geniş bantlı (beyaz ışık) bir probe kaynağı kullanılarak hem nanosaniye (ns) hem de pikosaniye (ps) darbe rejimlerinde, 400-1600 nm spektral aralığını kapsayacak şekilde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir; bu sayede λ , sabit bir pompa dalga boyu yerine geniş bir spektral eksende değişen bir girdi değişkeni olarak ele alınabilecektir. Ölçümler sırasında, film üretim sürecinde katkılama düzeyinin (Dc, hedef malzemeye eklenen katkı maddesinin kütlece miktarını ifade etmektedir) 0.015-0.045 g aralığında kontrollü olarak değiştirilmesi ve her bir katkılama seviyesi için farklı λ değerlerindeki spektral yoğunluk değerlerinin kaydedilmesi planlanmaktadır. Bu bağlamda, model girdi değişkenleri olarak λ ve Dc belirlenirken, ölçülen spektral yoğunluk (normalize geçirgenlik) hedef (bağımlı) değişken olarak tanımlanmıştır. ns ve ps rejimlerinin, zamansal uyarım koşullarındaki farklı fiziksel mekanizmaları (termal ve elektronik) temsil etmeleri nedeniyle ayrı veri kanalları olarak değerlendirilmesi ve her iki rejime ait veri setlerinin birlikte kullanılarak uygulamanın her iki koşul altında da tahmin üretebilmesinin sağlanması hedeflenmektedir.

2.2. Makine Öğrenmesi Modelleri (Arka Uç Tahmin Motoru)

Uygulamanın arka planında çalışan tahmin motoru, farklı öğrenme stratejilerini temsil eden beş regresyon algoritması üzerine inşa edilmiştir. Bu algoritmalar; DR, KA, RO, DVM ve EGA'dır (Breiman, 2001; Hearst vd., 1998; Chen ve Guestrin, 2016). Regresyon algoritmalarının sahada çalışan, kodlama gerektirmeyen arayüzlerle birleştirilmesi konusunda tarafımızca daha önce farklı bir alanda (klinik karar destek) benzer bir yaklaşım gösterilmiştir (Aydemir vd., 2025); bu çalışma, aynı arayüz-entegrasyonu mantığını doğrusal olmayan optik karakterizasyon alanına taşımaktadır. DR, çalışmaya doğrusal bir referans sağlamak amacıyla dâhil edilirken; KA, parçalı doğrusal olmayan davranışları yakalamak için kullanılmıştır. RO, çok sayıda ağacın ortalamasını alarak varyansı azaltan bir topluluk yöntemi, DVM ise çekirdek hilesi ile veriyi yüksek boyutlu bir uzaya taşıyarak doğrusal olmayan ilişkileri öğrenen güçlü bir regresyon modelidir (destek vektör regresyonu). EGA ise ardışık hata düzeltmeye dayalı gradyan artırma prensibiyle çalışmaktadır. Tüm modellerin, ileride toplanacak veri seti üzerinde uygun hiperparametre araması yapılarak eğitilmesi ve eğitim sonucunda elde edilecek tahmin nesnelerinin (fitted models) Shiny uygulamasına entegre edilmek üzere serileştirilerek (.rds formatında) kaydedilmesi planlanmaktadır. Bu aşamada modellerin karşılaştırmalı performans analizi henüz yapılmamış olup, gerçek deneysel verilerle eğitim ve doğrulama tamamlandığında tüm modellerin kullanıcıya seçenek olarak sunulmak üzere uygulamanın arka ucuna gömülmesi öngörülmektedir.

2.3. Shiny Uygulama Mimarisi ve Arayüz Tasarımı

Geliştirilen öngörü arayüzü, R ekosisteminde etkileşimli web uygulamaları oluşturmak için yaygın olarak kullanılan Shiny paketi ile gerçekleştirilmiştir (Wickham, 2021). Uygulama, üç temel katmandan oluşacak şekilde modüler olarak tasarlanmıştır: (i) Kullanıcı Arayüzü (UI) Katmanı, (ii) Sunucu (Server) Mantık Katmanı ve (iii) Görselleştirme ve Geri Bildirim Katmanı.

2.3.1. Kullanıcı Arayüzü (UI) Katmanı

UI katmanı, kullanıcı etkileşiminin sağlandığı ön yüz bileşenlerini içermektedir. Arayüz, shinydashboard paketi (Chang & Ribeiro, 2021) kullanılarak gösterge paneli (dashboard) formatında düzenlenmiş olup, üç ana sekmeden oluşmaktadır:

- Tahmin Sekmesi (*Prediction Tab*): Kullanıcıların model girdilerini manuel olarak girebileceği etkileşimli widget'ları barındırır. λ için 400-1600 nm aralığında adım değeri 1 nm olan sayısal giriş kutusu (numeric

input), Dc için 0.015-0.045 g aralığında 0.001 adımlı kaydırıcı (slider) ve uyarım rejimini (ns/ps) seçmek için radyo butonları (radio buttons) kullanılmıştır. Ayrıca, kullanıcıların beş regresyon modeli arasından seçim yapabileceği bir açılır menü (dropdown menu) eklenmiştir.

- Veri Yükleme ve Karşılaştırma Sekmesi (*Upload & Compare Tab*): Bu sekme, araştırmacıların kendi deneysel Z-tarama verilerini (CSV veya Excel formatında) sisteme yüklemesine olanak tanır. Yüklenen veri seti otomatik olarak okunur ve kullanıcı tarafından seçilen modelin tahminleriyle aynı grafik üzerinde karşılaştırmalı olarak görselleştirilir. Bu modül, deneysel sonuçlar ile model öngörülerindeki uyumun hızlıca değerlendirilmesini sağlar.
- Veri Yolu ve Model Eğitimi Sekmesi (*Folder Paths & ML Training Tab*): Bu sekme, kullanıcıların deneysel Z-tarama verilerinin bulunduğu klasör yollarını tanımlamasına ve eğitim/test oranını belirleyerek arka uç modellerini kendi verileriyle yeniden eğitmesine olanak tanır; bu sekmenin ayrıntıları Bölüm 3.1-3.3'te ele alınmaktadır.

UI katmanının görsel tasarımında, okunabilirliği artırmak ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla açık renk temaları, belirgin başlıklar ve etkileşimli grafik çıktıları (plotly/ggplot2 tabanlı; Wickham, 2016; Sievert, 2020) tercih edilmiştir.

2.3.2. Sunucu (Server) Mantık Katmanı

Sunucu katmanı, UI'daki kullanıcı girdilerine tepki olarak çalışan tüm arka uç işlemlerini yöneten reaktif programlama mantığı üzerine kurulmuştur. Uygulama çalıştırıldığında eğitilmiş modeller “.rds” dosyalarından belleğe yüklenir. Kullanıcı, tahmin sekmesinde girdi değerlerini değiştirdiğinde bir reaktif olay tetiklenir. Bu olay, ilgili modelin ve uyarım rejiminin seçimini kontrol eden koşullu ifadelerle (conditional statements) işlenir. Seçilen modelin *predict()* fonksiyonu, güncel girdi değerlerine uygulanarak anlık olarak bir spektral yoğunluk tahmini üretir. Bu tahmin değeri, hem metin olarak (numeric output) hem de etkileşimli bir grafik üzerinde ilgili veri noktası işaretlenerek görsel olarak sunulur. Veri yükleme sekmesinde ise, kullanıcı bir dosya yüklediğinde *observeEvent* ile dosya okunur, içindeki bağımsız değişkenler kullanılarak seçili modelden toplu tahminler üretilir ve bu tahminler ile gerçek ölçüm değerleri yan yana (side-by-side) çizdirilir. Tüm hata yönetimi (örneğin geçersiz girdi, uyumsuz dosya formatı) *tryCatch* bloklarıyla yakalanarak kullanıcıya anlaşılır hata mesajları gösterilir.

2.3.3. Görselleştirme ve Geri Bildirim Mekanizması

Uygulamanın görsel çıktıları, ggplot2 ve plotly paketleri kullanılarak zenginleştirilmiştir. Tahmin sekmesinde, kullanıcının girdiği parametrelere karşılık gelen tahmin noktası, genel veri dağılımının üzerine işaretlenerek gösterilir. Böylece kullanıcı, seçtiği parametrelerin ölçüm uzayındaki konumunu görsel olarak değerlendirebilir. Veri karşılaştırma sekmesinde ise, yüklenen deneysel veri setine ait ölçüm noktaları (gerçek değerler) ve model tahminleri farklı renk/sembollerle aynı eksen üzerinde çizilerek görsel bir uyum analizi (goodness-of-fit) yapılmasına olanak tanınır. Ayrıca, kullanıcıların uygulama içindeki tüm eylemleri (tahmin üretme, veri yükleme, model değiştirme) sırasında, işlem durumunu belirten ilerleme çubukları (progress indicators) ve bildirim mesajları (notifications) geri bildirim olarak sunulmaktadır. Bu tasarım, uygulamanın hem eğitim hem de araştırma ortamlarında şeffaf ve kullanıcı dostu olarak çalışmasını sağlamaktadır.

3. ARAYÜZ TASARIMI VE İŞLEVSEL BİLEŞENLER

Bu bölümde, amorf InSe ince filmlerin doğrusal olmayan spektral yanıtlarını tahmin etmek amacıyla geliştirilen Shiny uygulamasının ön yüz bileşenleri, kullanıcı etkileşim akışı ve çalışma mantığı sunulmaktadır. Uygulama, esnek ve tekrarlanabilir bir veri bilimi iş akışı sağlamak üzere iki temel işlevsel modül etrafında kurgulanmıştır: (i) Veri Yolu (Folder Paths) ve (ii) MÖ Eğitimi (ML Training). Şekil 1'de uygulamanın ana panelinin ekran görüntüsü verilmiştir. R-Shiny ile etkileşimli arayüz geliştirme konusundaki önceki deneyimlerimiz (Çakır, 2026), bu çalışmanın arayüz mimarisinin temel dayanağını oluşturmaktadır.

InSe AI-Powered Optical Classifier

Dataset Overview

Model Metrics

Physics Insights

1. Folder Paths

Copy and paste the FULL path to your folders here.
Example: C:/Users/Name/Desktop/InSe/data/ns

Nanosecond Folder Path:

Picosecond Folder Path:



2. ML Training

Training Ratio (%)

50

52

54

56

58

60

62

64

66

68

70

72

74

76

78

80

82

84

86

88

90



Status Log

Ready. Please verify paths.

Şekil 3. Shiny uygulamasının ana paneli (Not: Ekran görüntüsü, uygulamanın Veri Yolu ve ML Training modüllerine ait arayüz düzenini göstermektedir; henüz gerçek deneysel veriyle eğitim yapılmadığından görüntülenen alanlar demo/placeholder içerikler olup, Tahmin ve Veri Karşılaştırma sekmeleri bu görselde yer almamaktadır).

3.1. Veri Yolu (Folder Paths) Modülü

Uygulamanın ilk modülü, kullanıcıların deneysel Z-tarama verilerinin bulunduğu yerel dizinleri sisteme tanıtmasına olanak tanımaktadır. Bu modül, iki ayrı metin giriş kutusu (text input) içermektedir:

- Nanosaniye Klasör Yolu: Kullanıcı, nanosaniye darbe rejiminde elde edilmiş ham ölçüm dosyalarını içeren klasörün tam yolunu bu alana girer.
- Pikosaniye Klasör Yolu: Benzer şekilde, pikosaniye rejimine ait verilerin bulunduğu klasör yolu bu alana girilir.

Bu tasarım tercihi, uygulamanın yalnızca geliştirme aşamasında kullanılan sabit bir veri setine bağımlı kalmasını engellemekte; araştırmacıların farklı katkılama konsantrasyonlarında, farklı lazer koşullarında veya farklı partilere ait güncel deneysel verileri doğrudan sisteme entegre ederek modeli sıfırdan eğitebilmesine imkân tanımaktadır. Örnek bir yol ifadesi (“C:/Users/Name/Desktop/InSe/data/ns”) yer tutucu (placeholder) olarak kutular içinde gösterilerek kullanıcıya format hakkında sezgisel bir rehberlik sağlanmaktadır.

3.2. Makine Öğrenmesi Eğitimi (ML Training) Modülü

İkinci modül, eğitim parametrelerinin belirlendiği ve model oluşturma sürecinin tetiklendiği alandır. Bu modülde yer alan temel bileşenler şunlardır:

- Eğitim Oranı Seçici (Training Ratio Slider): Kullanıcı, kaydırıcı (slider) aracılığıyla veri setinin yüzde kaçının (%50 ile %90 arası, 4'er birim artışlarla) model eğitiminde kullanılacağını belirleyebilir. Kalan

oran otomatik olarak test (doğrulama) seti olarak ayrılmaktadır. Bu esneklik, kullanıcıların veri büyüklüğüne ve güven düzeyine göre eğitim-test dengesini optimize etmesine olanak sağlar.

- **Model Eğit Butonu (Train Model):** Kullanıcı, klasör yollarını doğruladıktan ve eğitim oranını seçtikten sonra bu butona tıklayarak arka uçtaki eğitim sürecini başlatır. Buton tetiklendiğinde, Bölüm 2.2’de tanımlanan beş farklı regresyon algoritması (DR, KA, RO, DVM, EGA) belirtilen klasörlerdeki tüm veriler üzerinde eşzamanlı olarak eğitilir. Eğitim süreci tamamlandığında, elde edilen model nesneleri serileştirilerek (.rds formatında) uygulamanın tahmin motoruna entegre edilir ve kullanıcının daha sonraki oturumlarda manuel tahmin veya veri karşılaştırma işlemleri yapabilmesi için hazır duruma getirilir.

3.3. Durum Günlüğü (Status Log) ve Geri Bildirim Mekanizması

Uygulamanın alt kısmında konumlandırılan Durum Günlüğü kutucuğu, sistemin anlık durumunu kullanıcıya şeffaf bir şekilde bildiren reaktif bir konsol görevi görmektedir. Başlangıç ekranında “Ready. Please verify paths.” mesajı görüntülenerek kullanıcıdan klasör yollarını kontrol etmesi istenmektedir. Kullanıcı geçersiz bir yol girdiğinde veya klasörde uygun veri dosyaları bulunamadığında, bu alanda açıklayıcı hata mesajları (ör. “Hata: Klasör bulunamadı” veya “Uygun dosya formatı yok”) belirir. Eğitim süreci devam ederken ise ilerleme durumu (ör. “Veriler okunuyor..”, “RO modeli eğitiliyor (%75)”) anlık olarak bu alana yazılır. Bu geri bildirim mekanizması, özellikle büyük veri setleriyle çalışan veya birden fazla modeli ardışık eğiten araştırmacılar için sürecin takibini kolaylaştırmakta ve uygulamanın kara kutu (black-box) olarak algılanmasını engellemektedir.

3.4. Kullanıcı Deneyimi ve Modüler Tasarımın Sağladığı Avantajlar

Sunulan arayüz tasarımı, deneysel araştırmacıların ihtiyaçları gözetilerek sade, anlaşılır ve işlevsel olacak şekilde optimize edilmiştir. Modüler yapı sayesinde, kullanıcılar aynı uygulama içinde sırasıyla (i) veri girişi, (ii) model eğitimi, (iii) tahmin üretimi (görselde gösterilmeyen sekmelerde) ve (iv) kendi deneysel verileriyle karşılaştırma yapabilmektedir. Bu akış, kod yazma bilgisi gerektirmeden uçtan uca veri bilimi döngüsünün tamamlanmasını sağlamakta; böylece malzeme bilimi ve fotonik alanlarındaki araştırmacıların modern MÖ yöntemlerinden laboratuvar ortamında pratik ve hızlı bir şekilde faydalanmasına olanak tanımaktadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, amorf InSe ince filmlerin nanosaniye ve pikosaniye uyarılma rejimleri altındaki doğrusal olmayan spektral yoğunluk yanıtlarını tahmin etmek üzere, R programlama dilinin Shiny paketi ile geliştirilmiş etkileşimli, modüler ve web tabanlı bir öngörü arayüzünün tasarımı, mimarisi ve işlevsel bileşenleri sunulmuştur. Geliştirilen uygulama, beş farklı regresyon algoritmasını (DR, KA, RO, DVM ve EGA) arka planında barındıran esnek bir tahmin motoru ile kullanıcıların herhangi bir kod yazma zorunluluğu olmaksızın, sezgisel grafik arayüz üzerinden anlık spektral yoğunluk tahminleri üretmesini mümkün kılmaktadır.

Sunulan arayüzün malzeme bilimi ve fotonik alanlarına sağladığı temel katkılar üç başlık altında özetlenebilir:

- **Erişilebilirlik:** Karmaşık MÖ modelleri, alan uzmanı ancak programlama bilgisi sınırlı deneysel araştırmacılar için kod gerektirmeyen bir platforma dönüştürülerek, veri odaklı tahmin yapma süreci demokratikleştirilmiştir.
- **Esneklik ve Tekrarlanabilirlik:** Uygulama, kullanıcıların kendi güncel deneysel Z-tarama verilerini doğrudan sisteme entegre ederek modelleri sıfırdan eğitebilmesine olanak tanımakta; bu özellik, farklı katkılama koşulları veya farklı lazer parametreleri için modellerin dinamik olarak güncellenebilmesini sağlamaktadır.
- **Uçtan Uca İş Akışı:** Veri yolu tanımlama, eğitim oranı belirleme, model eğitimi, anlık tahmin üretimi ve deneysel verilerle görsel karşılaştırma yapabilme olanaklarını tek bir çatı altında toplayarak, araştırmacıların veri bilimi döngüsünün tüm aşamalarını kesintisiz yürütebilmesine imkân sağlamaktadır.

Bununla birlikte, geliştirilen sistemin öngörülen bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle, mevcut tasarım yalnızca amorf InSe ince filmlere ait Z-tarama verileri üzerinde çalışacak şekilde optimize edilmiş olup, farklı malzeme sistemlerine (örneğin diğer kalkojenitler veya perovskit yapılar) doğrudan uygulanabilirliği sınırlıdır. Ayrıca, eğitim modülünde satır bazlı rastgele bölme stratejisinin kullanılması öngörüldüğünden, gerçek veriyle eğitim aşamasına geçildiğinde aynı deney dosyasına ait örneklerin hem eğitim hem de test setine düşme olasılığı bulunmaktadır; bu durum, eğitim performans metriklerinin gerçekçi olmayan ölçüde iyimser görünmesine neden olabileceğinden, ilerleyen aşamalarda dikkatle ele alınması gereken bir tasarım hususudur. Bunun yanında, mevcut tasarımda model açıklanabilirliği (yorumlanabilirliği) için herhangi bir araç öngörülmemekte; bu da kullanıcıların tahminlerin ardındaki fiziksel değişken katkılarını değerlendirmesini zorlaştırabilecektir.

Gelecek çalışmalarda, bu sınırlılıkların giderilmesine yönelik çeşitli iyileştirme planları öngörülmektedir. İlk olarak, uygulamanın farklı kalkojenit ince film malzemelerine (Örneğin GaSe, GeSe, Sb₂Se₃) ve farklı optik karakterizasyon tekniklerine (Örneğin açık-Z tarama, kapalı-Z tarama) uyarlanabilmesi için veri yükleme ve ön işleme modüllerinin yeniden yapılandırılması hedeflenmektedir. İkinci olarak, dosya bazlı (file-based) çapraz doğrulama stratejileri ve grup temelli (group-wise) veri bölme yöntemleri entegre edilerek, model değerlendirme sürecinin güvenilirliğinin artırılması planlanmaktadır. Üçüncü ve en önemli adım olarak, SHAP (SHapley Additive exPlanations) veya LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) gibi modelden bağımsız açıklanabilir yapay zekâ (Explainable AI) yöntemlerinin uygulamaya entegre edilmesi öngörülmektedir (Lundberg ve Lee, 2017; Ribeiro vd., 2016). Bu modül sayesinde kullanıcılar yalnızca tahmin değerini değil, aynı zamanda λ ve D_c 'nin her bir tahmine olan göreceli katkısını da görsel olarak değerlendirebilecek; böylece model çıktılarının fiziksel yorumlanabilirliği önemli ölçüde güçlenecektir. Ek olarak, uygulamanın açık kaynak kodlu olarak GitHub üzerinden paylaşılması ve shinyapps.io platformu üzerinden canlı bir demo sürümünün yayınlanması planlanmakta; böylece araştırma topluluğunun geri bildirimleriyle uygulamanın sürekli iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile geliştirilen Shiny arayüzü, ileri MÖ yöntemleri ile deneysel fotonik araştırmaları arasında köprü kuran, tekrarlanabilir, şeffaf ve kullanıcı dostu bir hesaplama platformu olarak literatüre kazandırılmıştır. Sunulan mimari, benzer optik malzeme karakterizasyonu çalışmalarına uyarlanabilir yapısıyla, veri odaklı malzeme biliminin laboratuvar ortamlarında yaygınlaşmasına katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır. Sunulan çalışma, karar destek sistemlerinin mühendislik problemlerine uygulanması konusundaki bir önceki çalışmamızın (Çakır, 2025) doğal bir uzantısı olup, bu alandaki yaklaşımı daha ileri bir düzeye taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahmad, W., Nawaz, M. Z., Kazmi, J., vd. (2025). Two-dimensional indium chalcogenides: From fundamental properties to next-generation optoelectronic devices. *Advanced Optical Materials*, 13(24), e01067.
- Ajami, A., Ovsianikov, A., Liska, R., & Baudis, S. (2024). Z-scan technique: A review from conventional Z-scan to white light Z-scan. *Applied Physics B*, 130(8), 138.
- Aydemir, M., Çakır, M., Oral, O., & Yılmaz, M. (2025). Diagnosis of Cushing's syndrome with generalized linear model and development of mobile application. *Medicine*, 104 (25), e42910.
- Belciu, M. I., & Velea, A. (2025). Ensemble machine learning for the prediction and understanding of the refractive index in chalcogenide glasses. *Molecules*, 30(8), 1745.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Chang, W., & Ribeiro, B. B. (2021). shinydashboard: Create Dashboards with Shiny. R package version 0.7.2.
- Chen, C., Dong, N., Huang, J., Wang, Z., & Wang, J. (2022). Microscopic optical nonlinearities and transient carrier dynamics in indium selenide nanosheet. *Optics Express*, 30(11), 17967–17979.

- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 785–794).
- Çakır, M. (2025). Comparison of machine learning models in heart failure prediction and their integration into clinical decision support systems. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 9(2).
- Çakır, M. (2026). Prediction of fatigue crack growth rate, maximum strain energy release rate, and total energy dissipation in adhesive bonds: A machine learning approach and interactive R-Shiny application. *PeerJ Computer Science*, 12, e3450.
- Hearst, M. A., Dumais, S. T., Osuna, E., Platt, J., & Schölkopf, B. (1998). Support vector machines. *IEEE Intelligent Systems*, 13(4), 18-28.
- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765-4774.
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). Why should I trust you?: Explaining the predictions of any classifier. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 1135-1144).
- Salwa, A. S., Salem, A., & Shaban, H. T. (2021). Linear and nonlinear optical studies of indium selenide thin films prepared by thermal evaporation technique. *Optik*, 241, 166874.
- Saraiva, M. N., & Mendonça, C. R. (2025). Assessing the potential of machine learning for predicting the nonlinear refractive index of glasses. *Journal of Applied Physics*, 138(14).
- Sievert, C. (2020). *Interactive Web-Based Data Visualization with R, Plotly, and Shiny*. Chapman and Hall/CRC.
- Van Stryland, E. W., & Sheik-Bahae, M. (2018). Z-scan. In *Characterization Techniques and Tabulations for Organic Nonlinear Optical Materials* (pp. 671-708). Routledge.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H. (2021). *Mastering Shiny*. O'Reilly Media, Inc.
- Yüksek, M. (2012). Nonlinear refraction effects of amorphous semiconductor InSe thin films according to film thicknesses and/or pulse durations. *Optics Communications*, 285(24), 5472-5474.

KARDİYAK ARREST GEÇİREN HASTALARIN NÖROLOJİK DURUMLARININ MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Şerife Arzu ÇOPUR¹/ Prof. Dr. Fatma LATİFOĞLU²

¹ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, arzucopur1295@gmail.com,
[0009-0002-4391-2096](tel:0009-0002-4391-2096)

² Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, flatifoglu@erciyes.edu.tr,
[0000-0003-2018-9616](tel:0000-0003-2018-9616)

Özet

Kardiyak arrest, dünya genelinde önemli bir ölüm ve kalıcı nörolojik hasar nedeni olup, başarılı resüsitasyon sonrası hastaların önemli bir bölümü komada yoğun bakım ünitesine kabul edilmektedir; bu hastalarda nörolojik prognozun erken ve güvenilir şekilde belirlenmesinde elektroensefalografi (EEG) sinyalleri önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, kardiyak arrest sonrasında komaya giren hastaların nörolojik durumlarının makine öğrenmesi yöntemleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, PhysioNet platformunda sunulan I-CARE veri setinde yer alan ve hastalardan 4, 6, 8, 12 ve 24. saatlerde kaydedilen EEG sinyalleri analiz edilmiştir.

EEG sinyallerine öncelikle 45 Hz kesim frekanslı alçak geçiren filtre ve Bağımsız Bileşen Analizi (ICA) uygulanarak ön işleme gerçekleştirilmiştir. Ön işlenmiş sinyallerin hem orijinal hallerinden hem de Ampirik Mod Ayrışımı (EMD) yöntemiyle elde edilen alt frekans bantlarından zaman, frekans ve karmaşıklık alanlarına ait toplam 34 öznelik çıkarılmıştır. Özellik uzayının boyutunu azaltmak, en belirleyici öznelikleri seçmek ve aşırı öğrenme riskini sınırlamak amacıyla LASSO yöntemi kullanılmıştır. Seçilen öznelikler, hastaları iyi ve kötü prognoz olarak sınıflandırmak üzere Yapay Sinir Ağları (ANN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (RF) algoritmalarına girdi olarak sunulmuş, modellerin performansı 10 katlı çapraz doğrulama ile değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, EEG sinyallerini alt bantlara ayıran EMD yönteminin ham EEG analizine kıyasla daha yüksek ve daha kararlı bir sınıflandırma performansı sağladığını göstermiştir. Çalışmanın en yüksek başarısı, 4. saat EEG kayıtlarında EMD tabanlı ANN modeliyle elde edilmiş olup AUC değeri 0,999 olarak bulunmuştur. Özellikle erken dönem (4. ve 6. saat) EEG verilerinin klinik sonucun tahmininde yüksek başarı sağladığı gözlenmiştir. Nörolojik hasarın belirlenmesinde en sık seçilen öznelikler Referans Bant Analizleri (RBA), Renyi Entropisi ve Basıklık olmuştur. Sonuç olarak, sinyal ayrıştırma tabanlı makine öğrenmesi yaklaşımlarının, kardiyak arrest sonrası hastaların nörolojik prognozunu erken dönemde belirlenmesinde hekimlere güvenilir bir karar destek aracı sunma potansiyeli taşıdığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: EEG, Kardiyak Arrest, Nörolojik Prognoz, EMD, Makine Öğrenmesi

ESTIMATION OF NEUROLOGICAL STATUS OF PATIENTS WITH CARDIAC ARREST BY MACHINE LEARNING

Şerife Arzu ÇOPUR ¹/ Prof. Dr. Fatma LATİFOĞLU ²

¹ Erciyes University, Engineering Faculty, BiomedicalEngineering Dept., arzucopur1295@gmail.com,
[0009-0002-4391-2096](tel:0009-0002-4391-2096)¹¹

² Erciyes University, Engineering Faculty, BiomedicalEngineering Dept., flatifoglu@erciyes.edu.tr , 0000-
0003-2018-9616

Abstract

Cardiac arrest is a leading cause of death and permanent neurological damage worldwide, and many patients who achieve return of spontaneous circulation are admitted to the intensive care unit in a comatose state; in these patients, EEG signals play an important role in the early and reliable determination of neurological prognosis. In this study, machine learning methods were used to predict the neurological status of patients who fell into a coma following cardiac arrest. EEG signals recorded at the 4th, 6th, 8th, 12th, and 24th hours from patients in the I-CARE dataset, provided on the PhysioNet platform, were analyzed.

EEG signals were first preprocessed using a 45 Hz low-pass filter and Independent Component Analysis (ICA). A total of 34 time, frequency, and complexity domain features were extracted from both the original signals and the sub-bands obtained through Empirical Mode Decomposition (EMD). The LASSO method was applied to reduce feature dimensionality, select the most discriminative features, and limit overfitting. The selected features were used as input to Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), and Random Forest (RF) algorithms to classify patients as good or poor prognosis, and models were evaluated using 10-fold cross-validation.

EMD, which decomposes EEG signals into sub-bands, achieved higher and more stable classification performance than raw EEG. The highest performance was obtained with the EMD-based ANN model on the 4th hour recordings, with an AUC of 0.999. EEG data from the early time points (4th and 6th hours) provided particularly high accuracy in predicting clinical outcome. The most frequently selected features for identifying neurological damage were Relative Band Analysis (RBA), Renyi Entropy, and Kurtosis. In conclusion, machine learning approaches supported by signal decomposition have the potential to serve as a reliable clinical decision support tool in the early prediction of neurological prognosis after cardiac arrest.

Keywords: EEG, cardiac arrest, neurological prognosis, EMD, machine learning

1.GİRİŞ

Kardiyak arrest, dünya genelinde önemli ölüm ve kalıcı nörolojik hasar nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kardiyak arrest sonrasında başarılı resüsitasyon ile spontan dolaşımın geri dönüşü sağlanabilse de birçok hasta yoğun bakım ünitesine koma halinde kabul edilmektedir[1]. Bu hastalarda uzun dönem nörolojik sonucun erken dönemde doğru şekilde tahmin edilmesi, tedavi stratejilerinin belirlenmesi, hasta yakınlarının bilgilendirilmesi ve sağlık kaynaklarının etkin kullanılması açısından kritik öneme sahiptir[1,2].

Kardiyak arrest sonrası nörolojik prognozun değerlendirilmesinde klinik muayene bulguları, görüntüleme yöntemleri, biyobelirteçler ve EEG kayıtları yaygın olarak kullanılmaktadır. EEG, beyin elektriksel aktivitesini doğrudan yansıtabilmesi, non-invaziv olması ve sürekli izleme imkânı sunması nedeniyle önemli bir prognostik araçtır[3]. Ancak EEG sinyalleri doğrusal olmayan, zamana bağlı değişkenlik gösteren ve yüksek gürültü içeren karmaşık yapılardır. Bu nedenle güvenilir analiz için gelişmiş sinyal işleme ve makine öğrenmesi yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır[4].

Son yıllarda EEG tabanlı prognostik değerlendirme çalışmalarında makine öğrenmesi ve derin öğrenme yaklaşımları yaygın olarak kullanılmaktadır[5]. Özellikle zaman-frekans analizleri, spektral özellikler ve non-lineer dinamik ölçümler (entropi, kompleksite vb.) EEG sinyallerinden klinik bilgi elde edilmesinde etkili olmuştur[3]. Ayrıca EMD gibi ayrıştırma yöntemleri, EEG içerisindeki alt frekans bileşenlerini ortaya çıkararak daha ayırt edici özelliklerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu özelliklerin yüksek boyutlu yapısı model performansını olumsuz etkileyebilmektedir.

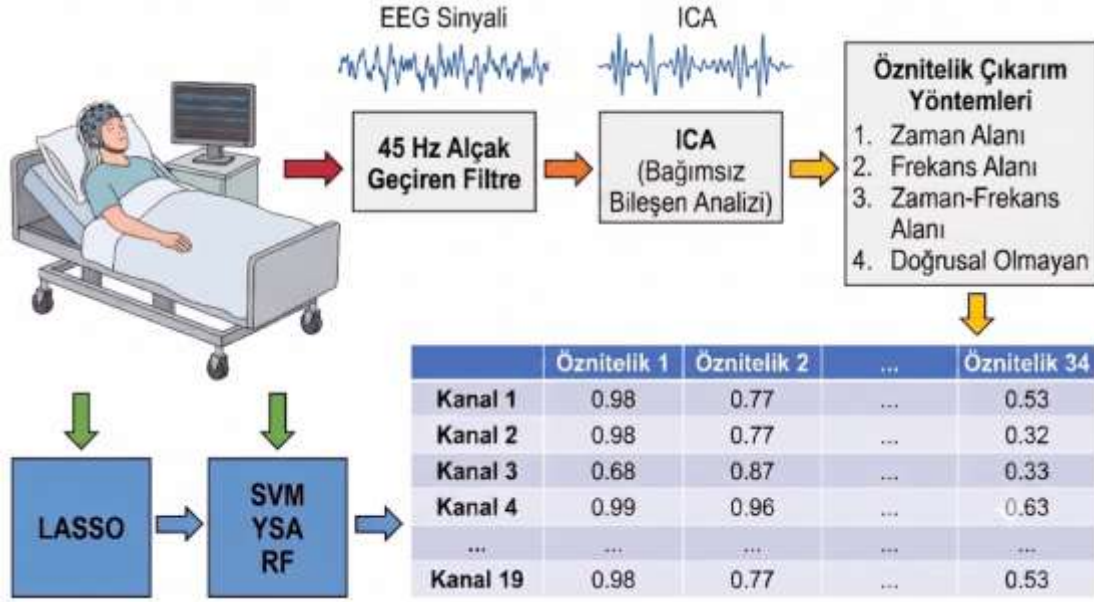
EEG verilerinden elde edilen çok sayıda özellik, özellikle küçük ve dengesiz klinik veri setlerinde aşırı öğrenme riskini artırmaktadır[6]. Bu nedenle özellik seçimi ve boyut indirgeme yöntemleri kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir. PCA, mRMR ve LASSO gibi yöntemler, model genellenebilirliğini artırmak için yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada LASSO tabanlı özellik seçimi tercih edilmiştir. L1 düzenleme, hem model karmaşıklığını azaltmakta hem de en ayırt edici özellikleri otomatik olarak seçebilmektedir. Bu özellik, yüksek boyutlu biyomedikal verilerde değişken seçimi ve aşırı uyumun azaltılması açısından literatürde etkinliği gösterilmiş bir yaklaşımdır.

Mevcut literatür incelendiğinde, EEG tabanlı prognostik çalışmaların çoğunun ya derin öğrenme tabanlı uçtan uca yaklaşımlara ya da tek bir zaman noktasına odaklandığı görülmektedir. Çoklu zaman noktalarında EEG özelliklerinin sistematik olarak karşılaştırıldığı ve klasik makine öğrenimi modelleri ile LASSO tabanlı özellik seçiminin birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, 4, 6, 8, 12 ve 24 saat zaman noktalarından elde edilen EEG özelliklerini LASSO ile optimize ederek, farklı makine öğrenmesi modelleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak yoğun bakım ünitelerinde tedavi gören hastaların nörolojik durumunu tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın genel iş akışı, PhysioNet platformundan I-CARE veri setinin elde edilmesi [7], EEG sinyallerinin filtrelenmesi ve ön işlenmesi, EEG kayıtlarından önemli özelliklerin çıkarılması, makine öğrenmesine dayalı sınıflandırma modellerinin geliştirilmesi ve bu modellerin performansının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini içermektedir. Bu bağlamda, EEG sinyallerinden elde edilen veriler, hastaların nörolojik durumunu iki kategoriye ayırmak için kullanılmıştır: iyi prognoz ve kötü prognoz. Çalışmanın iş akışı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın iş akışı.

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada PhysioNet platformu tarafından sağlanan I-CARE veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veriler, yoğun bakım ünitelerinde tedavi gören hastalardan alınan EEG sinyallerini ve klinik bilgileri içermektedir. Veri seti, 607 hastadan 90.809 kayıt segmentine yayılmış 32.712 saatten fazla veri içermektedir. I-CARE veri seti, nörolojik durumu değerlendirmek için çeşitli özelliklerin analizini sağlayan açık erişimli bir kaynaktır. 4, 6, 8, 12 ve 24 saatte kaydedilen EEG sinyalleri analiz edilmiş ve toplam 1.194 veri noktası "iyi prognoz" ve "kötü prognoz" olarak kategorize edilmiştir. Tablo 1, kullanılan veri sayısını göstermektedir. Ayrıca, açık kaynaklı bir veri seti olması ve etik kurul onayı gerektirmemesi nedeniyle bu kapsamda değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veri sayıları

	İyi Prognoz	Kötü Prognoz
4.Saatteki Veri Sayıları	45	55
6.Saatteki Veri Sayıları	75	104
8.Saatteki Veri Sayıları	89	118
12.Saatteki Veri Sayıları	115	181
24.Saatteki Veri Sayıları	172	240

Tablo 2.1. 4. Saat Verilerine Sahip Hastalara Ait Demografik Bilgiler

CPC	Hasta Sayısı	Cinsiyet		Yaş	
		Kadın	Erkek	Ortalama±Standart Sapma	
1	16	6	10	62	16
2	3	0	3	55	18
3	5	2	3	64	9
4	3	0	3	67	3
5	74	32	42	64	14

Tablo 2.2. 6. Saat Verilerine Sahip Hastalara Ait Demografik Bilgiler

CPC	Hasta Sayısı	Cinsiyet		Yaş	
		Kadın	Erkek	Ortalama±Standart Sapma	
1	33	12	21	62	14
2	4	1	3	62	16
3	9	4	5	64	11
4	6	1	5	69	12
5	130	51	79	64	15

Tablo 2.3. 8. Saat Verilerine Sahip Hastalara Ait Demografik Bilgiler

CPC	Hasta Sayısı	Cinsiyet		Yaş	
		Kadın	Erkek	Ortalama±Standart Sapma	
1	42	15	27	62	14
2	5	1	4	61	14
3	11	4	7	66	12
4	7	1	6	69	11
5	148	58	60	63	15

Tablo 2.4. 12. Saat Verilerine Sahip Hastalara Ait Demografik Bilgiler

CPC	Hasta Sayısı	Cinsiyet		Yaş	
		Kadın	Erkek	Ortalama±Standart Sapma	
1	58	23	35	61	14
2	8	2	6	62	13
3	16	5	11	66	11
4	9	2	7	66	11
5	209	80	129	63	15

Tablo 2.5. 24. Saat Verilerine Sahip Hastalara Ait Demografik Bilgiler

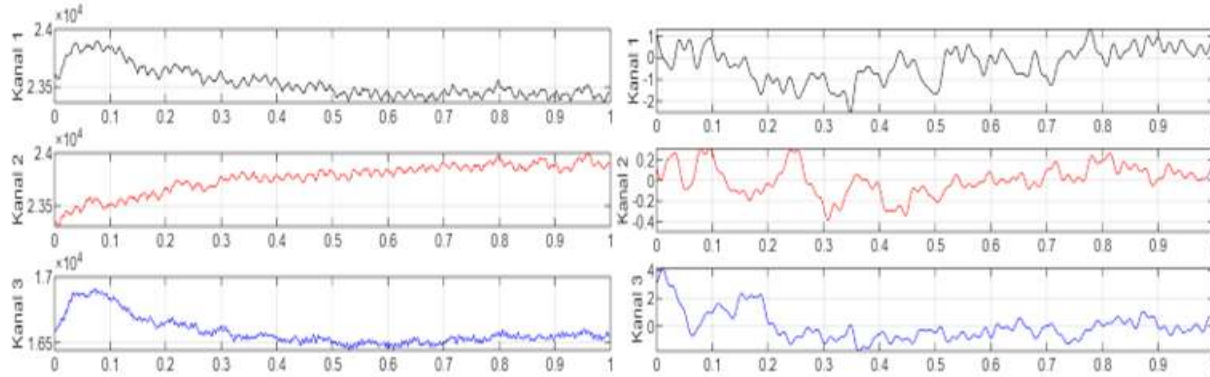
CPC	Hasta Sayısı	Cinsiyet		Yaş	
		Kadın	Erkek	Ortalama±Standart Sapma	
1	85	31	54	60	15
2	12	4	8	63	12
3	23	7	16	64	12
4	11	2	9	65	11
5	284	107	177	63	15

2.2. EEG Verilerinin Ön İşlemesi

Veri toplama işleminden sonra, her bir EEG kaydına örnekleme frekansına göre 45 Hz kesme frekansına sahip dördüncü dereceden sıfır fazlı Butterworth alçak geçiren filtre uygulandı. Kesme frekansı, nörolojik prognoz için ilgili EEG frekans bantlarını (delta, teta, alfa, beta ve düşük gama) korumak için seçildi; bu, önceki EEG ön işleme çalışmalarıyla tutarlıdır [8,9]. Daha sonra, FastICA algoritması kullanılarak ICA gerçekleştirildi. Bağımsız

bileşen sayısı EEG kanal sayısına (19) eşit olarak ayarlandı. Filtrelenmiş EEG sinyalleri, 19 ortak EEG kanalında ('Fp1', 'Fp2', 'F3', 'F4', 'F7', 'F8', 'Fz', 'C3', 'C4', 'Cz', 'T3', 'T4', 'T5', 'T6', 'P3', 'P4', 'Pz', 'O1' ve 'O2') yeniden yapılandırıldı ve standartlaştırıldı. Önceki çalışmalara uygun olarak, kayıtlar 2 dakikalık dönemlere ayrıldı. Son olarak, ön işlenmiş EEG sinyallerinden istatistiksel, frekans alanı ve doğrusal olmayan özellikler çıkarıldı ve makine öğrenme modelleri için girdi olarak kullanıldı. Şekil 2, ön işleme öncesi ve sonrası temsili EEG sinyallerini göstermektedir.

Şekil 2. Filtrelenmemiş ve Filtrelenmiş Örnek Sinyal



2.3. Özellik Çıkarma İşleminin Uygulanması

EEG sinyallerinden çıkarılan istatistiksel, frekans tabanlı ve doğrusal olmayan özellikler, Tablo 6'de kategoriye göre sunulmuştur. Özellik çıkarımı her EEG kanalı için ayrı ayrı uygulanmış ve toplam 19 kanal üzerinden her kanal için 34 özellik hesaplanmıştır.

Tablo 6. Özellik çıkarımında kullanılan özellikler, formüller ve açıklamaları

Özellik	Formül	Açıklama
Minimum	$Min = \min_{i=1 \dots N}(x_i)$	Sinyal zaman serisi boyunca gözlemlenen en küçük genlik değeridir.
Maksimum	$Max = \max_{i=1 \dots N}(x_i)$	Sinyal zaman serisi boyunca gözlemlenen en büyük genlik değeridir.
Ortalama	$\bar{x} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1 \rightarrow N} x_i$	EEG sinyalinin merkezi eğilim özelliğini temsil eder.
Varyans	$Var = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}$	Sinyaldeki genlik değişkenliğini ölçer.
Standart Sapma	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$	Sinyal bileşenlerinin ortalamadan ne kadar yayıldığını gösterir; değişkenlik ölçüsüdür.
Çarpıklık	$= \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^3}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})^2\right)^{3/2}}$	Sinyal dağılımındaki asimetric yapıyı ölçer.
Basıklık	$= \frac{E[(x - \mu)^4]}{\sigma^4}$	Sinyal dağılımının tepeleşme karakteristiğini ölçer.

Medyan	$Medyan = ortanca(x)$	Sıralanmış sinyal serisinin tam ortasındaki değerdir; ani gürültülere karşı dayanıklıdır.
Ortalama Eğri Uzunluğu	$OEU = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} x_{i+1} - x_i $	EEG sinyalinin dalga formu karmaşıklığını ifade eder.
Birinci Fark	$BF(n) = x(n) - x(n-1)$	Ardışık örnekler arasındaki değişimi ölçer
İkinci Fark	$IF(n) = x(n) - 2x(n-1) + x(n-2)$	Birinci farkların farkını alarak sinyaldeki yerel ve anlık değişimleri tespit eder.
Normalize Birinci Fark	$NBK(n) = \frac{x(n) - x(n-1)}{\max(x)}$	First Difference özelliğinin maksimum genliğe bölünerek normalize edilmiş halidir.
Normalize İkinci Fark	$NIF(n) = \frac{x(n) - 2x(n-1) + x(n-2)}{\max(x)}$	Second Difference özelliğinin maksimum genliğe bölünerek normalize edilmiş halidir.
Bant Güçleri ($\delta, \theta, \alpha, \beta, \gamma$)	$P_{bant} = \int_{f_1}^{f_2} S_{xx}(f) df$	Belirli alt frekans bantlarındaki mutlak spektral gücü (güç spektral yoğunluğu integralini) ölçer.
Bant Güç Oranları	$BGO = \frac{P_{bant1}}{P_{bant2}}$	Farklı ritimlerin güç oranlarını ifade eder (Örn: θ/β rasyosu bilişsel durum takibinde kullanılır).
Toplam Güç	$TG_{toplam} = \int_{fmin}^{fmax} S_{xx}(f) df$	İlgilenilen tüm frekans spektrumundaki toplam sinyal enerjisini veya spektral gücü yansıtır.
Referans Bant Analizleri	$RB_{abant} = \frac{P_{bant}}{P_{toplam}}$	Belirli bir frekans bandının toplam spektral güce oranını vererek bireysel genlik farklarını normalize eder
Shannon Entropisi	$SE = - \sum_{i=1}^N p_i^2 \log_2(p_i^2)$	Sinyalin düzensizliğini veya rastgeleliğini ölçer; zaman serisindeki bilgi miktarını temsil eder.
Renyi Entropisi	$RE_{\alpha} = \frac{1}{1-\alpha} \log \sum_{i=1}^N p_i^{\alpha}$	Shannon entropisinin bir genellemesidir; çeşitlilik özellikleri için α parametresi kullanılır.
Log Enerji Entropisi	$LE = \sum_{i=1}^N \log_2(p_i^2)$	Sinyal enerji dağılımının logaritmasını değerlendirir; beyin durumlarını ayırt etmede kullanılır.
Tsallis Entropisi	$S_q = \frac{k}{q-1} \left(1 - \sum_{i=1}^N p_i^q \right)$	Klasik entropiyi genelleleyen parametrik bir metriktir; doğrusal olmayan sinyallerin karakterizasyonunda etkilidir.

Ortalama Teager Enerji	$\bar{\Psi} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [x^2(n) - x(n+1)x(n-1)]$	EEG sinyalinin anlık enerji ve frekans değişimlerini ifade eder.
Otoregresif Model Katsayıları	$X(t) = \sum_{i=1}^p a_i X(t-i) + e(t)$	Zaman serilerindeki geçici bağımlılıkları karakterize eder; spektral kestirim ve özellik çıkarımında kullanılır.
Ortalama Enerji	$E_{ort} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n) ^2$	Sinyalin ortalama gücünü belirler; farklı frekans bantlarında enerji dağılımını izlemek için temel oluşturur.

Zamana bağlı, yüksek boyutlu ve karmaşık yapıya sahip EEG sinyalleri, doğrudan sınıflandırma algoritmalarına girdi olarak verildiğinde yüksek hesaplama maliyeti ve düşük ayırt edicilik problemi oluşturabilmektedir [10, 11]. Bu nedenle ham EEG sinyallerinin daha anlamlı ve kompakt temsillere dönüştürülmesi amacıyla özellik çıkarımı (feature extraction) işlemi uygulanmaktadır. Özellik çıkarımı, sinyalin bilgi içeriğini koruyarak boyutunun azaltılmasını ve sınıflandırma algoritmaları tarafından daha kolay işlenebilir hale getirilmesini sağlar. Bu çalışmada EEG sinyallerinden zaman, frekans domeni ve karmaşıklık alanlarını kapsayan toplam 34 adet öznelik elde edilmiştir; AR katsayılarıyla birlikte özellik sayısı artırılmıştır. Zaman domeni özellikleri sinyalin genlik dağılımı ve istatistiksel yapısını temsil ederken; frekans domeni özellikleri sinyalin spektral bileşenleri hakkında bilgi vermektedir. Karmaşıklık tabanlı özellikler ise sinyalin düzensizlik, entropi ve yapısal değişkenliğini karakterize etmektedir.

EEG sinyalleri doğrusal olmayan (nonlinear) ve durağan olmayan (nonstationary) biyomedikal zaman serileridir. Beynin elektriksel aktivitesi zaman içerisinde sürekli değişim göstermekte ve farklı frekans bileşenleri aynı anda sinyal içerisinde bulunabilmektedir. Bu nedenle ham EEG sinyallerinin doğrudan analiz edilmesi, sinyal içerisindeki gizli frekans bileşenlerinin ve lokal osilasyonların yeterince ortaya çıkarılamamasına neden olabilmektedir. Ham EEG sinyalleri; çevresel gürültüler, elektrot hareketleri, yoğun bakım ekipmanlarından kaynaklanan artefaktlar nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durum sınıflandırma algoritmalarının ayırt edici özellikleri öğrenmesini zorlaştırabilmektedir. Özellikle kardiyak arrest sonrası koma hastalarında EEG sinyallerinin düşük genlikli ve düzensiz yapıda olmasından dolayı geleneksel analiz yöntemlerinin performansını sınırlayabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda EEG analizlerinde sinyal ayrıştırma (signal decomposition) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sinyal ayrıştırma yöntemleri, EEG sinyalini farklı frekans bantlarına veya mod bileşenlerine ayırarak sinyalin zamansal ve spektral özelliklerinin daha ayrıntılı incelenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece sinyal içerisindeki gizli osilasyonlar, düşük enerjili bileşenler ve lokal frekans değişimleri daha belirgin hale getirilebilmektedir. Bu çalışmada EEG sinyallerinin farklı frekans bileşenlerini analiz edebilmek amacıyla EMD yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde EEG sinyalleri alt bant bileşenlerine ayrıştırılmış ve her alt banttan ayrı ayrı öznelikler çıkarılmıştır. Böylece ham EEG sinyallerine kıyasla daha ayırt edici özellikler elde edilmesi ve sınıflandırma performansının artırılması amaçlanmıştır.

2.4. Özellik Seçim Sürecinin Gerçekleştirilmesi

Sınıflandırma çalışmalarında, sınıflandırma işleminden önce özellik seçiminin temel amacı, hangi verilerin en uygun olduğunu belirleyerek modelin alakasız ve gürültülü bilgileri öğrenmesini önlemektir. Bu, eğitim süresini azaltır ve model performansını iyileştirirken daha hızlı, daha istikrarlı ve daha genelleştirilebilir bir sınıflandırma sağlar. Bu çalışmada, her veri noktası için 19 kanalın her birine 34 özellik (31 standart özellik ve Otoregresif (AR) modelinden türetilen 3 ek özellik) uygulanarak toplam 627 parametre elde edilmiştir. Özellik sayısını azaltmak, en alakalı olanları seçmek, alakasız özellikleri ortadan kaldırmak ve veri setini basitleştirmek için çıkarılan özelliklere LASSO yöntemi uygulanmıştır. LASSO tekniği iki kritik işlevi yerine getirir: ayarlama ve özellik seçimi. Ayarlama, regresyon değişkenlerinin katsayılarına göre yapılır. Özellik seçiminde, ayarlama işleminden sonra sıfır olmayan katsayılar sahip değişkenler seçilir, böylece tahmin hatası en aza indirilir. Bu teknikte, λ parametresi arttıkça katsayılar sıfıra yaklaşır ve boyut indirgeme sağlanır. Bu yöntem kullanılarak, birkaç denemeden sonra (0,05 ve 0,001), λ değeri 0,005 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, başlangıçtaki 627 parametre sayısı, 4. saatteki veriler için 90'a, 6. saatte 124'e, 8. saatte 64'e, 12. saatte 120'ye ve 24. saatte 70'e düşürülmüştür. Bu nedenle, sınıflandırma işleminden önce en önemli parametreler belirlenmiştir.

2.5. Makine Öğrenme Yöntemleri

Özellik çıkarımının ardından, sınıflandırma performansını artırmak ve gereksiz özellikleri elimine etmek amacıyla En Küçük Mutlak Daraltma ve Seçim Operatörü (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO) yöntemi kullanılarak özellik seçimi gerçekleştirildi. Düzenleştirme parametresi $\lambda = 0,005$ olarak belirlendi ve en uygun özellik alt kümesi, LASSO algoritması içerisinde gerçekleştirilen 10 katlı çapraz doğrulama sonucunda minimum ortalama kare hata (Mean Squared Error, MSE) değerini sağlayan model esas alınarak seçildi. Elde edilen özellik alt kümesi, tüm sınıflandırma modellerinin giriş verisi olarak kullanıldı.

Sınıflandırma aşamasında üç farklı denetimli makine öğrenmesi algoritması olan Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinesi ve Rastgele Orman değerlendirildi. Modeller arasında adil bir karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla tüm algoritmalarda aynı özellik kümesi, aynı ön işleme adımları ve aynı değerlendirme prosedürü kullanıldı.

Modellerin genelleme performansını güvenilir biçimde değerlendirmek amacıyla 10 katlı çapraz doğrulama (10-fold Cross Validation) yöntemi uygulandı. Bu yöntemde veri kümesi rastgele on eşit alt kümeye ayrıldı. Her iterasyonda alt kümelerden biri test verisi olarak ayrılırken kalan dokuz alt küme modelin eğitimi için kullanıldı. Bu işlem her alt küme bir kez test verisi olacak şekilde toplam on kez tekrarlandı ve her iterasyonda elde edilen performans ölçütlerinin ortalaması hesaplandı. Rastgele veri bölünmesinden kaynaklanabilecek performans değişkenliğini azaltmak amacıyla tüm 10 katlı çapraz doğrulama süreci beş bağımsız tekrar ile gerçekleştirildi.

Her eğitim katında, model performansını en üst düzeye çıkarmak amacıyla hiperparametre optimizasyonu MATLAB ortamında Bayes optimizasyon yöntemi kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirildi. Bayes optimizasyonu, önceki denemelerden elde edilen performans bilgilerini kullanarak bir olasılıksal model oluşturmakta ve bu model yardımıyla değerlendirilmesi en faydalı olacağı düşünülen yeni hiperparametre kombinasyonlarını seçmektedir. Böylece tüm hiperparametre uzayını tarayan geleneksel yöntemlere göre daha az deneme ile optimum çözüme ulaşılabilmektedir. Hiperparametre arama sürecinde yeni aday parametrelerin seçimi için Expected Improvement Plus edinim fonksiyonu kullanılmıştır.

Sınıflandırma performansı doğruluk (Accuracy), duyarlılık (Sensitivity), özgüllük (Specificity), kesinlik (Precision), F1 skoru ve alıcı işletim karakteristik eğrisi altında kalan alan (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve, AUC) ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.5.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks, ANN), biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilen ve doğrusal olmayan ilişkileri öğrenebilen denetimli makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir. ANN modeli giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Bu çalışmada giriş katmanını, LASSO yöntemi ile seçilen EEG özellikleri oluşturmuştur. Her nöron, kendisine gelen girişleri ağırlıkları ile çarparak toplar, bir bias değeri ekler ve sonucu aktivasyon fonksiyonundan geçirerek bir sonraki katmana iletir. Bu işlem ileri yayılım (forward propagation) olarak adlandırılır.

Model eğitimi sırasında ağın ürettiği tahmin ile gerçek sınıf etiketi arasındaki hata hesaplanmakta ve bu hata geri yayılım (backpropagation) algoritması kullanılarak katmanlar boyunca geriye doğru iletilmektedir. Geri yayılım sürecinde ağ ağırlıkları, kayıp fonksiyonunu en aza indirecek şekilde iteratif olarak güncellenmektedir. Böylece model, iyi ve kötü nörolojik sonuçlara ait EEG özellikleri arasındaki karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmektedir.

Bu çalışmada tam bağlantılı (fully connected) ileri beslemeli (feed-forward) bir sinir ağı mimarisi kullanılmıştır. Ağ, eğitim verilerinden elde edilen hatayı minimize edecek şekilde ağırlıklarını iteratif olarak günceller ve ikili sınıflandırma problemine uygun bir çıktı üretir. Ağ mimarisi manuel olarak belirlenmemiş, bunun yerine Bayes optimizasyon çerçevesi kullanılarak en uygun hiperparametreler otomatik olarak seçilmiştir. Optimizasyon sürecinde gizli katman sayısı, katmanlardaki nöron sayısı, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme oranı ve düzenleme (regularization) katsayısı gibi hiperparametreler araştırılmıştır. Bayes optimizasyonu, hiperparametre uzayını verimli şekilde tarayarak doğrulama performansını en üst düzeye çıkaran ağ yapısını belirlemiş ve arama sürecinde Expected Improvement Plus edinim fonksiyonunu kullanmıştır.

2.5.2. Destek Vektör Makinesi

Destek Vektör Makinesi, sınıflar arasındaki ayırıcı karar sınırını en büyük marjin ile oluşturmaya çalışan denetimli bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. SVM'nin temel amacı, farklı sınıflara ait örnekleri birbirinden en iyi şekilde ayıran hiper düzlemi belirlemektir. Maksimum marjin prensibi sayesinde modelin eğitim verisine aşırı uyum göstermesi azaltılarak genelleme performansı artırılmaktadır.

Bu çalışmada EEG özellikleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilmek amacıyla Gauss Radyal Taban Fonksiyonu (Radial Basis Function, RBF) çekirdeği kullanılmıştır. RBF çekirdeği, giriş verilerini örtük olarak daha yüksek boyutlu bir özellik uzayına dönüştürerek doğrusal olarak ayrılamayan örneklerin bu yeni uzayda ayrılabilmesini sağlamaktadır. Karar sınırı, eğitim verisindeki yalnızca sınıra en yakın örneklerden oluşan destek vektörleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu özellik sayesinde model, yüksek boyutlu veri kümelerinde etkili sınıflandırma performansı sağlayabilmektedir.

Model, eğitim verilerini kullanarak optimum karar hiper düzlemini oluşturacak ve destek vektörlerini belirleyecek şekilde eğitilmiştir. Çekirdek fonksiyonu ve düzenleme parametreleri sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sınıflandırma problemleri çözülebilmektedir. Hiperparametreler Bayes optimizasyon algoritması kullanılarak otomatik olarak optimize edilmiştir. Optimizasyon sürecinde kutu kısıtlama parametresi (Box Constraint), çekirdek ölçeği (Kernel Scale) ve diğer model parametreleri değerlendirilmiştir. Bayes optimizasyonu, doğrulama performansını en üst düzeye çıkaran hiperparametre kombinasyonunu belirlemek amacıyla hiperparametre uzayını sistematik olarak araştırmış ve arama sürecinde Expected Improvement Plus edinim fonksiyonunu kullanmıştır.

2.5.3. Rastgele Orman

Rastgele Orman , birden fazla karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulan topluluk (ensemble) öğrenme yöntemidir. Algoritmanın temel amacı, tek bir karar ağacının neden olabileceği aşırı öğrenmeyi (overfitting)

azaltmak ve genelleme performansını artırmaktır. Bunun için her karar ağacı, eğitim verilerinden bootstrap örnekleme yöntemiyle rastgele oluşturulan farklı alt veri kümeleri üzerinde eğitilir. Bootstrap örnekleme sırasında her ağaç için eğitim kümesinden yerine koyarak (sampling with replacement) örnekler seçildiğinden, her ağacın gördüğü veri kümesi birbirinden farklı olmaktadır.

Karar ağacının her düğümünde, tüm özellikler yerine rastgele seçilen sınırlı sayıdaki özellik arasından en uygun bölme gerçekleştirilir. Bu rastgele özellik seçimi, ağaçlar arasındaki korelasyonu azaltarak model çeşitliliğini artırır ve topluluk performansını iyileştirir. Eğitim tamamlandıktan sonra her karar ağacı bağımsız olarak sınıf tahmini üretir ve nihai sınıflandırma, tüm ağaçların çoğunluk oyu (majority voting) ile belirlenir.

Bu çalışmada temel öğrenici (weak learner) olarak karar ağaçları seçilmiş ve topluluk yöntemi olarak Bagging (Bootstrap Aggregating) kullanılmıştır. Bagging yönteminde her karar ağacı, bootstrap örnekleme ile oluşturulan farklı eğitim kümeleri üzerinde bağımsız olarak eğitilir ve elde edilen tahminler çoğunluk oylaması ile birleştirilerek nihai sınıf etiketi belirlenir. Çalışmada her Rastgele Orman modeli 100 karar ağacından oluşturulmuştur. Model performansını artırmak amacıyla hiperparametre optimizasyonu Bayes optimizasyon algoritması kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sürecinde maksimum bölünme sayısı (MaxNumSplits), minimum yaprak düğümündeki gözlem sayısı (MinLeafSize), her düğümde değerlendirilecek tahmin edici sayısı (NumVariablesToSample) ve diğer topluluk parametreleri araştırılmıştır. Bayes optimizasyonu, hiperparametre uzayını sistematik olarak tarayarak doğrulama performansını en üst düzeye çıkaran parametre kombinasyonunu belirlemiş ve arama sürecinde Expected Improvement Plus edinim fonksiyonunu kullanmıştır.

2.6. Sınıflandırma Modellerinin Değerlendirme Metrikleri

Yoğun bakımda tedavi edilen hastaların nörolojik durumunu makine öğrenmesi modelleriyle tahmin etmek, geliştirilen modellerin başarısını objektif ve güvenilir kriterler kullanarak değerlendirmeyi gerektirir. Literatürde yaygın olarak kullanılan çeşitli performans metrikleri, sınıflandırma performansını değerlendirmek için kullanılır [2, 20]. Bu çalışmada, nörolojik durumların iyi prognozlu ve kötü prognozlu sınıflarını ayırt etmeyi amaçlayan makine öğrenmesi modellerinin performansını değerlendirmek için karışıklık matrisi (Tablo 7), duyarlılık, özgüllük, F1 puanı ve AUC metrikleri kullanılmıştır. Duyarlılık, iyi nörolojik sonuçlara sahip hastaların model tarafından doğru bir şekilde tahmin edilme oranını ifade eder.

Tablo 7. Makine öğrenmesi modellerinin performansını değerlendirmek için kullanılan metrikler

		Tahmin Edilen	
		1	0
Gerçek Sınıf	1	TP	FN
	0	FP	TN

Duyarlılık, nörolojik sonuçları iyi olan hastaların model tarafından doğru bir şekilde tahmin edilme oranını ifade eder. Başka bir deyişle, gerçek pozitif örneklerin kaçının doğru sınıflandırıldığını gösterir. Bu ölçüt, özellikle hayatta kalan veya nörolojik durumu iyi olan hastaların doğru tespiti için klinik karar destek sistemlerinde önemli bir ölçüttür [13–19].

$$\text{Duyarlılık} = \text{DP} / (\text{DP} + \text{DY}) \quad (1)$$

Özgüllük, nörolojik sonuçları kötü olan hastaların doğru bir şekilde tanımlanma oranını gösterir. Bu ölçüt, modelin yanlış pozitif tahminler üretme eğilimini değerlendirmek ve özellikle yoğun bakım gibi yüksek riskli klinik ortamlarda yanlış iyimser tahminlerden kaçınılmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir [13, 19].

$$\text{Özgüllük} = \text{DN} / (\text{DN} + \text{YP}) \quad (2)$$

F1-Skoru, duyarlılık ve kesinlik değerlerini birlikte ele alan ve bu iki kriterin harmonik anlamı alınarak hesaplanan bir performans ölçütüdür. Sınıf dağılımı dengesiz olan veri kümelerinde yalnızca doğruluk ölçütü yanıltıcı olabileceğinden, F1-Skoru model performansının daha dengeli bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

$$\text{Kesinlik} = \text{DP}/\text{DP}+\text{YP} \quad (3)$$

$$\text{Doğruluk} = \text{DP}+\text{DN}/ \text{DP}+\text{DN}+\text{YP}+\text{YN} \quad (4)$$

$$\text{F1-Skor} = 2*\text{Kesinlik}*\text{Duyarlılık}/\text{Kesinlik}+\text{Duyarlılık} \quad (5)$$

ROC ve AUC metriği, modelin farklı eşik değerleri altında sınıfları ayırt etme yeteneğini ölçer. AUC değerindeki artış, modelin iyi ve kötü nörolojik sonuç sınıfları arasında ayırım yapma başarısının arttığını gösterir. Özellikle yoğun bakım verileri gibi sınıf dengesizliğinin sık olduğu veri setlerinde, AUC metriği model performansını değerlendirmek için en güvenilir kriterlerden biri olarak kabul edilir [21, 22]. Çalışmada kullanılan bu metrikler, makine öğrenimi modellerinin nörolojik prognozu doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin etme yeteneğini kapsamlı bir şekilde göstermek için seçilmiştir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, yoğun bakım ünitesinde tedavi gören hastaların nörolojik durumunun, iyi ve kötü prognoz da dahil olmak üzere, EEG tabanlı özellikler kullanılarak makine öğrenme yöntemleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Kalp durması geçiren hastalardan farklı zamanlarda kaydedilen EEG sinyallerinden elde edilen istatistiksel, frekans tabanlı ve doğrusal olmayan özelliklere dayalı olarak farklı sınıflandırma modellerinin performansları karşılaştırılmış ve nörolojik prognoz tahminindeki zamana bağlı değişim değerlendirilmiştir. Ön işleme ve özellik çıkarma aşamalarından sonra uygulanan parametreler arasında en temsili nörolojik durumu belirlemek için kullanılan bir özellik seçme tekniği olan LASSO tabanlı özellik seçme yöntemi sayesinde, başlangıçta 627 olan parametre sayısı, farklı zamanlarda alınan verilerden elde edilen farklı parametrelere indirgenmiş ve model karmaşıklığı azaltılarak daha genelleştirilebilir bir yapı elde edilmiştir. Tablo 8, LASSO yöntemiyle seçilen ortak özellikleri ve bu özellikleri kullanan toplam kanal sayısını göstermektedir.

Tablo 8. LASSO yöntemi ile seçilen özellikler ve toplam kanal sayıları

Öznitelik Türleri	4.S	6.S	8.S	12.S	24.S	Topla m
RBA	7	13	14	12	5	51
Basıklık	5	5	7	4	9	30
Renyi Entropi	4	1	9	10	7	31
Norm. Birinci Fark	3	4	5	4	6	22
Hjorth Parametreleri	6	4	5	1	5	21
AR	8	5	5	2	4	24
Mean / Mean Energy	5	6	6	5	3	25

Sınıflandırma aşamasında, ANN, SVM ve RF modelleri, 10 katlı çapraz doğrulama ve tekrarlanan değerlendirmeler ile duyarlılık, özgüllük, F1 puanı ve AUC metrikleri üzerinden performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Farklı zaman noktalarında elde edilen model performanslarının karşılaştırması Tablo 9'da

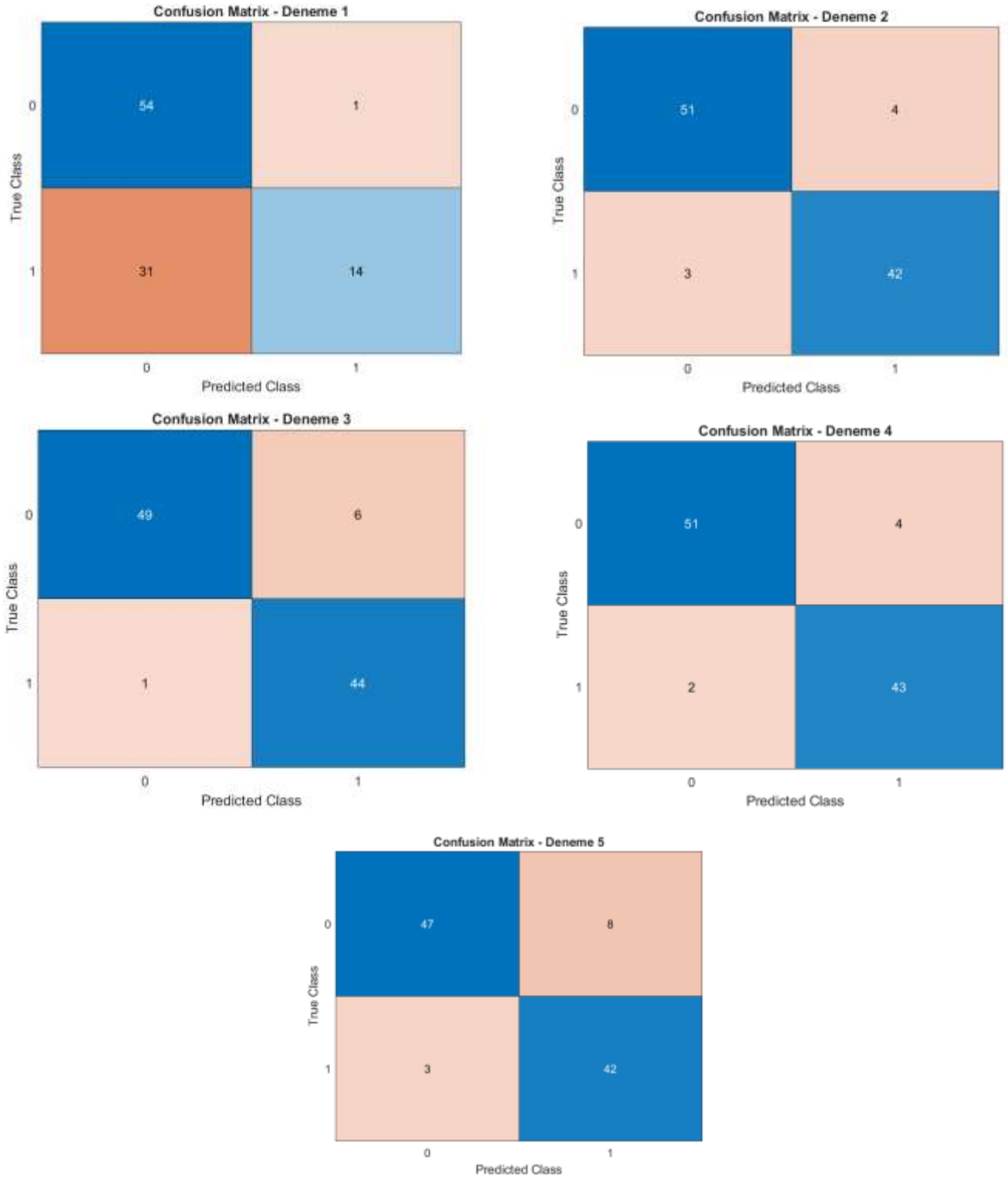
gösterilmiştir. Bulgular, EEG tabanlı özelliklerin yoğun bakım hastalarında nörolojik prognozu tahmin etmede önemli bir ayırt edici performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Farklı zaman noktalarında elde edilen model performanslarının karşılaştırması

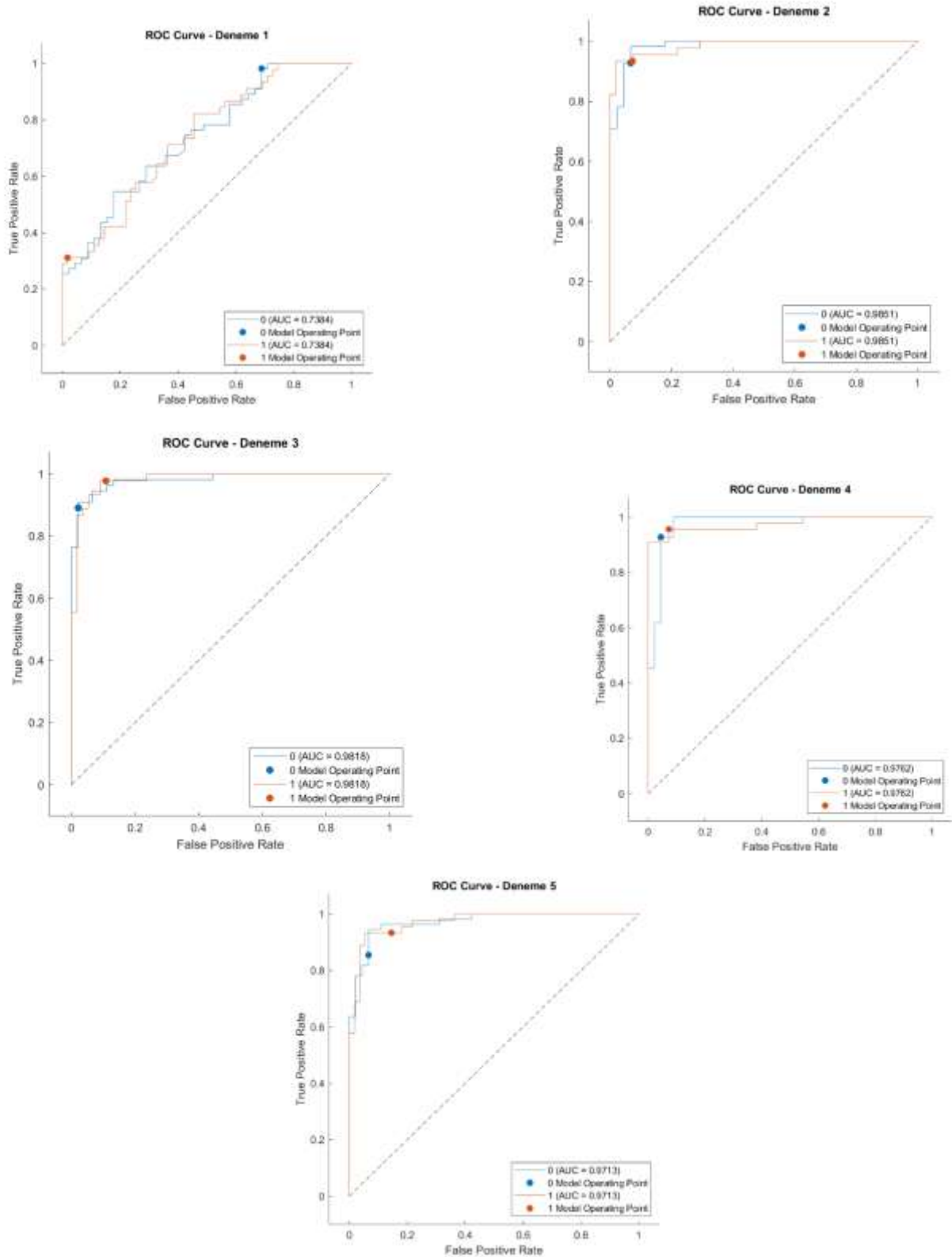
	4.Saat	6.Saat	8.Saat	12.Saat	24.Saat
ANN	0,9305±0,1075	0,8311±0,0335	0,7208±0,0384	0,7349±0,0444	0,7103±0,0173
SVM	0,9569±0,0265	0,7659±0,1084	0,7521±0,0597	0,6888±0,0876	0,7112±0,0079
RF	0,6748±0,0859	0,6764±0,0456	0,6558±0,0183	0,7315±0,0024	0,7213±0,0145

EMD	4.Saat	6.Saat	8.Saat	12.Saat	24.Saat
ANN	0,9992±0,0012	0,9268±0,0228	0,8444±0,0080	0,8536±0,0165	0,8210±0,0033
SVM	0,9976±0,0027	0,9201±0,0091	0,7176±0,1909	0,7883±0,1715	0,7203±0,1385
RF	0,7597±0,0421	0,6717±0,0311	0,6683±0,0470	0,6761±0,0334	0,7291±0,0203

Şekil 3. Örnek 4.saat verilerine ait ANN modelinin 5 deneme sonucu elde edilen karmaşıklık matrisi görselleri



Şekil 3. Örnek 4.saat verilerine ANN modeline ait 5 deneme sonucu elde edilen ROC eğrileri görselleri



Çalışma sonuçları, yoğun bakım ünitesinde nörolojik prognozun yalnızca klinik muayene bulgularına dayanarak değerlendirilmesinin ötesinde, veriye dayalı ve objektif yöntemlerle desteklenmesinin mümkün olduğunu ortaya

koymaktadır. Kalp durmasından sonra farklı zaman aralıklarında kaydedilen EEG sinyalleri kullanılarak yapılan analizde, erken kayıtların bile nörolojik prognozu tahmin etmede anlamlı bilgiler içerdiği gözlemlenmiştir. Modellerin saatlere göre performansı incelendiğinde, sınıflandırma başarısının belirli bir zaman noktasında arttığı ve EEG tabanlı özelliklerin zamana bağlı olarak farklı seviyelerde nörolojik prognozun farklılaşmasına katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir [27, 28].

Modellerin saatlere göre performansları incelendiğinde, özellikle SVM ve ANN modellerinde, erken EEG kayıtlarının (4. ve 6. saatler) daha yüksek sınıflandırma başarısı sağladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, kalp durmasından sonra erken dönemde elde edilen EEG sinyallerinin nörolojik prognozu tahmin etmede önemli bilgiler içerebileceğini ve farklı makine öğrenme modellerinin zaman noktalarına bağlı olarak farklı performans gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmada, kalp durması sonrası yoğun bakımda tedavi edilen hastaların nörolojik prognozunu tahmin etmek için EEG tabanlı özellikler ve makine öğrenme yöntemleri RF, SVM ve ANN karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak, verilerden çıkarılan istatistiksel, frekans tabanlı ve doğrusal olmayan özelliklerin nörolojik durumu belirlemede önemli sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir. Başlangıçta, her 19 kanallı veriden 627 özellik üretildi ve sınıflandırma için en etkili olanlar, LASSO tabanlı özellik seçimi ile elde edilen özellikler arasından seçildi, böylece model karmaşıklığı ve aşırı öğrenme riski ortadan kaldırıldı. Çalışmanın analiz sonuçlarında kullanılan makine öğrenme modellerinin performansları incelendiğinde, yapılan tahminlerin literatürdeki benzer çalışmalarla rekabet edebilir olduğu görülmektedir. ANN modelinin EMD alt bant ayrışımında, 4. saatte $AUC = 0,999 \pm 0,001$ değerleriyle diğer modellere kıyasla yüksek performans sağladığı gözlemlenmiştir. Özellik seçimi aşamasında LASSO algoritması tarafından belirlenen özellikler incelendiğinde, RBA özelliğinin toplam 51 kez ile en sık seçilen özellik olduğu görüldü. Bu, beyin dalgalarının (delta, teta, alfa, vb.) frekans bantlarındaki orantılı güç değişimlerinin nörolojik hasarın tahmininde en belirleyici faktörlerden biri olduğunu doğrulamaktadır. Bu bulgu, Wu vd. [13, 23] ve Cong vd. [24, 25] tarafından literatürde vurgulanan spektral güç ve mel-spektrogram tabanlı özelliklerin ayırt ediciliğiyle örtüşmektedir. Ek olarak, Renyi Entropisi (31 kez) ve Çarpıklık (30 kez) gibi karmaşıklık ve istatistiksel dağılım ölçütlerinin de modele önemli ölçüde katkıda bulunduğu bulundu. Bu, Dehghani vd. [26] tarafından önerilen entropi tabanlı yaklaşımların geçerliliğini desteklemektedir. Literatürde bildirilen makine öğrenimi ve derin öğrenme tabanlı yöntemlerin performansları Tablo 10'da özetlenmiştir.

Tablo 10. Challenge kapsamında yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar

Veri Türü	Kullanılan Temel Yöntem	Özellik Türü	Sınıflandırıcı / Model	Challenge Skoru	Sıralama
EEG, EKG, Klinik Veri	HyperEnsemble [8]	Zaman, frekans, bağlantısallık, HRV	CatBoost + Stacking Ensemble	0.792	1
EEG	Veri artırma + Transfer Learning [9]	Ham EEG	ConvNeXt	0.790	2
EEG, Klinik Veri	Ensemble Learning [12]	Güç, istatistik, entropi	Ensemble Model	0.720	3
EEG, Klinik Veri	Mel-Spectrogram [13]	Zaman-frekans	EfficientNet + RF	0.710	4
EEG, EKG, Klinik Veri	ResNet [16]	EEG + HRV + Klinik veri	Residual Network	0.708	5
EEG, Klinik Veri	TQWT + Tensor Ayırışımı + Tucker Decomposition [17]	Zaman, frekans, scattering transform, tensor özellikleri	Bagging Ensemble	0.690	7
EEG, EKG, Klinik Veri	Özellik Füzyonu + ResNet [14]	Güç bantları, koherens, bağlantısallık	1D-ResNet	0.680	8
EEG, EKG, Klinik Veri	Çok Seviyeli XGBoost Yaklaşımı [15]	PSD, koherens, wPLI, istatistiksel özellikler	XGBoost Ensemble	0.678	9
EEG, Klinik Veri	EEG + Derin Öğrenme Füzyonu [18]	Ham EEG	ResNet18 + RF	0.599	10

Sonuç olarak, EEG sinyallerinden elde edilen spektral ve entropi tabanlı özelliklerin makine öğrenme modelleriyle işlenmesi, yoğun bakım hastalarının nörolojik sonuçlarını tahmin etmede güçlü bir araçtır. Özellikle, SVM'nin erken aşamalarındaki yüksek başarısı hekimlere karar destek mekanizması olarak sunulabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Altıntop, Ç. (2022). *Yoğun bakım ünitesinde yatan hastaların mortalite riskinin yapay zekâ yöntemleri ile tahmin edilmesi* (Yüksek lisans tezi). Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Barbieri, S., Kemp, J., Perez-Concha, O., et al. (2020). *Benchmarking deep learning architectures for predicting readmission to the ICU and describing patients-at-risk*.
- Chen, B., Yang, J., Wang, K. W., Jeong, H., Ashar, P., Hershkovich, L., Shandhi, M. M. H., & Dunn, J. P. (2023). Neurological outcome prediction after cardiac arrest: A multi-level deep learning approach with feature and decision fusion. *Computing in Cardiology*.
- Cong, Z., Zhao, M., Ling, L., Chen, F., Pang, L., Cao, K., Li, J., & Liu, C. (2023). A temporal-spectral based single-lead electroencephalogram feature fusion network may provide potential clinical biomarker for cardiac arrest. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Gao, M., Yu, R., Zhou, Z., Wu, S., & Bin, G. (2023). Predicting neurological recovery following coma after cardiac arrest using the R(2+1)D network based on EEG signals. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Hempel, P., Zashke, P., Goldammer, M., & Spicher, N. (2023). Fusion of features with neural networks for prediction of secondary neurological outcome after cardiac arrest. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Jiang, K., Wang, Z., Shen, R., Wang, S., Liu, Y., Feng, Y., Lisun, X., & Li, Z. (2023). A neurological recovery prediction algorithm based on multi-feature extraction and bagging aggregation. *Computing in Cardiology*.
- Kang, J., & Wen, H. (2023). Predicting neurological recovery from coma with longitudinal electroencephalogram using deep neural networks. *Computing in Cardiology*.
- Kim, D. K., Yoon, H. C., Kim, H. S., Seo, W. Y., & Kim, S. H. (2023). Predicting neurological outcome after cardiac arrest using a pretrained model with electroencephalography augmentation. *Computing in Cardiology*.
- Kim, H. B., Nguyen, H. T., Jin, Q., Tamby, S., et al. (2020). *A physiology-driven computational model for post-cardiac arrest outcome prediction*. Johns Hopkins University.
- Krones, F., Walker, B., Parsons, G., Lyons, T., & Mahdi, A. (2023). Multimodal deep learning approach to predicting neurological recovery from coma after cardiac arrest. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Moussa, M., Alfalahi, H., Alkhodari, M., Hadjileontiadis, L., & Khandoker, A. (2023). Random forest and attention-based networks in quantifying neurological recovery. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Obianom, E., Mäkkynen, M., Qaqos, N., Abdullahi, S. I., Schlindwein, F. S., Ng, G. A., & Li, X. (2023). Predicting cardiac arrest recovery with shallow and deep learning models. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Otaguro, T., Tanaka, H., Igarashi, Y., et al. (2021). Machine learning for prediction of successful extubation of mechanical ventilated patients in an intensive care unit: A retrospective observational study. *Journal of Nippon Medical School*.
- Patidar, S., & Sawant, N. K. (2023). A tensor decomposition-based feature extraction method to predict neurological recovery from coma after cardiac arrest using EEG signals. *Computing in Cardiology*.
- Pavlus, J., Pijackova, K., Koscova, Z., Smisek, R., Viscor, I., Travnicek, V., Nejedly, P., & Plesinger, F. (2023). Using embedding extractor and transformer encoder for predicting neurological recovery from coma after cardiac arrest. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- PhysioNet. (2023). *I-CARE database*. <https://doi.org/10.13026/sd64-2856>

- Rohr, M., Schilke, T., Willems, L., Reich, C., Dill, S., Güney, G., & Antink, C. H. (2023). Transformer network with time prior for predicting clinical outcome from EEG of cardiac arrest patients. *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Sudhamsu, G., & Shastry, C. (2024). EEG signal processing and frequency band extraction for multimedia data analysis in MATLAB. *Journal of Computer Science*, 17(11).
- Uslenghi, F., Sassi, R., & Rivolta, M. W. (2023). Recovery from coma after cardiac arrest: Which time-window counts the most for deep learning predictions? *Computing in Cardiology*, 50, 1–4.
- Wang, B., Zhang, H., Yan, M., Xu, L., Zhao, H., Liu, J., Xue, J., & Fang, Z. (2023). Predicting neurological recovery after cardiac arrest from electroencephalogram using residual network and random forest. *Computing in Cardiology*.
- Wu, W., & Tan, Y. (2023). MelicientNet: Harnessing mel-spectrograms and EfficientNet architectures for predicting neurological recovery post-cardiac arrest. *Computing in Cardiology*.
- Zabihi, M., Zar, A. C., Grover, P., & Rosenthal, E. S. (2023). HyperEnsemble learning from multimodal biosignals to robustly predict functional outcome after cardiac arrest. *Computing in Cardiology*.
- Zhang, H., Chai, S., Shan, D., Liu, G., & Zhang, Y. (2025). Combining quantified EEG with clinical measures to better predict outcomes of acute disorders of consciousness. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 55, 103048.

3 BOYUTLU FDM TİP YAZICI İLE ÜRETİLEN TERMOPLASTİK FİMLER İLE TAKVİYE EDİLMİŞ KARBON FİBER/EPOKSİ KOMPOZİTLER

Dr.Öğr.Üyesi Emre AKIN / Çağla Ceren AYDIN

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği,

emre.akin@marmara.edu.tr , 0000-0003-2067-1488

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği,

cceren@marun.edu.tr, 0000-0002-2585-9458

Özet

Bu çalışmada, yüksek darbe dayanımına sahip epoksi/karbon fiber prepreg kompozitlerin yapısal yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla FDM tip 3 boyutlu yazıcı ile üretilen ince termoplastik ara tabakaların etkisi incelenmiştir. ASA, ABS, PETG, PA ve TPU esaslı yaklaşık 0,25 mm kalınlığındaki filmler, prepreg tabakaları arasına farklı sayıda düz film ve bal peteği geometrisinde entegre edilerek hibrit laminatlar üretilmiştir. Sonuçlar, termoplastik ara tabaka kullanımının eğilme dayanımını düşürmesine rağmen maksimum eğilme kuvvetini belirgin şekilde artırdığını göstermiştir. Bu durum, artan laminat kalınlığı ve azalan etkin fiber hacim oranı ile ilişkilendirilmiştir. Bal peteği film tasarımı, düz film entegrasyonlarına kıyasla eğilme kuvveti, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı açısından daha dengeli ve üstün sonuçlar sunmuştur. Özellikle ASA-B numunesinde maksimum eğilme kuvveti referans epoksi/karbon fiber kompozite göre yaklaşık %98,5 artarken, darbe dayanımında önemli bir kayıp oluşmaması bu tasarımın yapısal uygulamalar için değerli bir avantaj sunduğunu göstermektedir. Ayrıca iki adet düz film entegrasyonunun, üç adet düz film entegrasyonuna göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, daha az ara tabaka malzemesi kullanılarak daha verimli mekanik performans elde edilebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Genel olarak bu yaklaşım, kalınlık artışının sınırlayıcı olmadığı uygulamalarda düşük maliyetli, potansiyel olarak düşük yoğunluklu ve yüksek yük taşıma kapasiteli kompozit yapıların geliştirilmesi için uygulanabilir bir strateji sunmuş olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Epoksi/karbon fiber prepreg kompozit, FDM yöntemi, termoplastik ara tabaka, bal peteği geometrisi

**CARBON FIBER/EPOXY COMPOSITES REINFORCED WITH THERMOPLASTIC FILMS
FABRICATED BY FDM 3D PRINTING****Dr. Emre AKIN / Çağla Ceren AYDIN****Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering,****Marmara University, emre.akin@marmara.edu.tr , 0000-0003-2067-1488****Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering,****Marmara University, cceren@marun.edu.tr, 0000-0002-2585-9458****Abstract**

In this study, the effect of thin thermoplastic interleaves fabricated by fused deposition modeling (FDM) on the structural load-bearing capacity of impact-resistant carbon fiber/epoxy prepreg composites was investigated. Approximately 0.25 mm thick films produced from five different thermoplastic polymers, namely ASA, ABS, PETG, PA, and TPU, were inserted between prepreg layers using different configurations, including flat-film and honeycomb geometries, to manufacture hybrid laminates. The results revealed that although the incorporation of thermoplastic interleaves reduced the flexural strength of the composites, it significantly increased the maximum flexural load. This behavior was attributed to the increase in laminate thickness and the reduction in the effective fiber volume fraction. Compared with flat-film configurations, honeycomb-structured interleaves provided a more balanced and superior mechanical performance in terms of flexural load, flexural strength, and impact resistance. In particular, the ASA-B specimen exhibited an approximately 98.5% increase in maximum flexural load compared with the reference carbon fiber/epoxy composite without a significant reduction in impact resistance, demonstrating the potential of this design for structural applications. Furthermore, laminates containing two flat interleaves outperformed those reinforced with three flat interleaves, indicating that improved mechanical performance can be achieved with a lower amount of interleaf material. Overall, this approach offers a promising strategy for developing low-cost, potentially lightweight, and high load-bearing composite structures in applications where an increase in laminate thickness is acceptable.

Keywords: Carbon fiber/epoxy prepreg composites; FDM; Thermoplastic interleaf; Honeycomb geometry

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TESPİTİNDE YOLO TABANLI NESNE TESPİT SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI

Yüksek Lisans Öğrencisi, Eren SEZER^{1,2,*} / Doç. Dr. Mehmet KONAR³

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Havacılık Elektrik ve Elektronik ABD, Kayseri, Türkiye

²Kapadokya Üniversitesi, Kapadokya Meslek Yüksekokulu, Uçak Teknolojisi Bölümü, Nevşehir, Türkiye; eren.sezer@kapadokya.edu.tr; ORCID: 0009-0004-2137-8018

³Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü, Kayseri, Türkiye; mkonar@erciyes.edu.tr; ORCID: 0000-0002-9317-1196

*Sorumlu yazar: Eren Sezer; eren.sezer@kapadokya.edu.tr

Özet

İnsansız hava araçlarının (İHA) sivil ve askeri alandaki kullanımı son yıllarda hızla yaygınlaşmış, bu da izinsiz ve kötü niyetli uçuşların yarattığı güvenlik açıklarını gündeme getirmiştir. Söz konusu tehdidin yönetilmesi, büyük ölçüde güvenilir tespit sistemlerinin varlığına bağlıdır. Çalışmada İHA tespitinde başvurulana başlıca yöntemler karşılaştırılmış, görüntü tabanlı yaklaşımlar içinde gerçek zamanlı çalışabilmesiyle dikkat çeken YOLO (You Only Look Once) tabanlı sistemler ayrıntılı biçimde incelenmiştir. İlk aşamada radar, akustik, radyo frekansı ve görüntü işleme temelli yöntemler; sundukları üstünlükler ve taşıdıkları kısıtlar açısından değerlendirilir. Sonrasında derin öğrenmenin nesne tespitinde yol açtığı dönüşüm ele alınmış, YOLO mimarisinin ilk sürümünden YOLOv9, YOLOv10, YOLOv11 ve YOLOv12 gibi güncel sürümlere uzanan gelişimi incelenmiştir. İHA'lar görüntü düzleminde çoğu kez yalnızca birkaç piksel kapladığından, küçük nesne tespiti başlı başına bir güçlüğü dönüşür; bu sorun çok ölçekli özellik birleştirme ve dikkat mekanizmaları gibi çözümlerle birlikte tartışılmıştır. Çalışmanın yöntem bölümünde, açık erişimli ve tek sınıflı bir drone veri seti üzerinde COCO ağırlıklarıyla başlatılan YOLOv8s modelinin transfer öğrenme yoluyla eğitilmesine dayanan bir yaklaşım tasarlanmış; eğitim süreci, hiperparametre yapılandırması ve değerlendirme ölçütleri ayrıntılarıyla tanımlanmıştır. Elde edilen bulgular, tek aşamalı YOLO mimarisinin yüksek doğruluğu gerçek zamanlı hızla birlikte sunabilmesi sayesinde küçük ve hızlı İHA hedeflerinin görüntü tabanlı tespitinde uygun bir çözüm oluşturduğunu ortaya koyar.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Nesne Tespiti, YOLO, YOLOv8, Derin Öğrenme

THE USE OF YOLO-BASED OBJECT DETECTION SYSTEMS FOR THE DETECTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract

The civilian and military use of unmanned aerial vehicles (UAVs) has grown rapidly in recent years, bringing to the fore the security gaps created by unauthorised and malicious flights. Managing this threat depends largely on the availability of reliable detection systems. This study compares the main methods used in UAV detection and then examines, in detail, YOLO (You Only Look Once) based systems, which stand out among image-based approaches for their real-time capability. First, radar, acoustic, radio-frequency and image-processing methods are assessed in terms of their advantages and limitations. The transformation that deep learning has brought to object detection is then discussed, along with the evolution of the YOLO architecture from its first version to recent releases such as YOLOv9, YOLOv10, YOLOv11 and YOLOv12. Because UAVs often occupy only a few pixels in the image plane, small-object detection becomes a challenge in its own right; this problem is addressed together with solutions such as multi-scale feature fusion and attention mechanisms. In the method section, an approach based on training a COCO-pretrained YOLOv8s model through transfer learning on an open-access, single-class drone dataset is designed, and the training process, hyperparameter configuration and evaluation criteria are defined in detail. The findings indicate that, by combining high accuracy with real-time speed, the single-stage YOLO architecture constitutes a suitable solution for the image-based detection of small and fast UAV targets.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Object Detection, YOLO, YOLOv8, Deep Learning

GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA), bir pilot taşımadan uzaktan kumandayla veya otonom yazılımlarla görev yürütebilen sistemlerdir (Shakhatreh vd., 2019). Elektronik, haberleşme ve kontrol alanındaki ilerlemeler bu araçların kullanımını keşif ve gözetlemeden hassas tarıma, kargo taşımacılığında afet yönetimine dek geniş bir yelpazeye taşımıştır. Ne var ki ticari İHA'ların ucuzlayıp kolayca erişilebilir hâle gelmesi; izinsiz hava sahası ihlalleri, havaalanı çevresindeki riskli uçuşlar ve mahremiyet ihlalleri gibi sorunları da beraberinde getirmiştir (Seidaliyeva vd., 2024). Küçük gövdeleri, alçak irtifadaki manevra yetenekleri ve düşük radar kesit alanları, İHA'ların geleneksel gözetim sistemlerince fark edilmesini zorlaştırır. İşte bu nitelikler onları kayda değer bir tehdit unsuru hâline getirir.

İHA kaynaklı tehdidin yönetilmesinde belirleyici etken zamandır. Hedef ne kadar erken algılanırsa, operatörün durumu değerlendirip önlem alması için o ölçüde geniş bir süre doğar; geç kalınan bir tespit müdahale olanağını ciddi biçimde daraltır (B. Wang vd., 2024). Dolayısıyla tespit sistemlerinden yalnızca yüksek doğruluk değil, milisaniye düzeyinde yanıt süresi de beklenir. Çalışma üç temel amaç doğrultusunda yürütülmüştür: İHA tespitinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırmalı değerlendirmesi, YOLO tabanlı sistemlerin mimari evriminin ve tespitteki rolünün ortaya konması, bu çerçevede YOLOv8s mimarisine dayalı bir tespit yönteminin tasarlanması. İzleyen bölümler sırasıyla tespit yöntemlerini, YOLO mimarisini, küçük nesne problemini ve önerilen yöntemi ele almaktadır.

1. İHA TESPİT YÖNTEMLERİ

İHA tespitine yönelik yöntemler, temel aldıkları sensör türüne göre dört başlık altında toplanabilir: radar, akustik, radyo frekansı (RF) ve görüntü işleme (Al-Iqubaydhi vd., 2024). Radar, hava sahası gözetiminde uzun yıllardır güvenle kullanılan bir teknolojidir. Ne var ki İHA'ların radar kesit alanı son derece küçüktür (yaklaşık 0,01 m²) ve alçak irtifa uçuşlarında devreye giren yer yansımaları küçük hedeflerin ayırt edilmesini güçleştirir (Molchanov vd., 2014). Akustik yöntemler pervane ve motor seslerinin imzasına dayanır; ancak kentsel gürültü ve rüzgâr, bu yöntemlerin menzilini ve doğruluğunu sınırlandırır. RF temelli çözümler İHA ile yer istasyonu arasındaki haberleşmeyi çözümleyerek sonuç verir; otonom uçan ya da şifreli protokol kullanan araçlar karşısında yetersiz kalır (Ezuma vd., 2019). Görüntü işleme tarafında öne çıkan iki üstünlükse düşük donanım maliyeti ve hedefin gözle doğrulanabilmesidir (Shi vd., 2018). Yöntemlerin karşılaştırmalı bir özeti Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. İHA tespit yöntemlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi.

Yöntem	Çalışma ilkesi	Başlıca kısıtlar
Radar	Elektromanyetik yansıma	Düşük radar kesit alanı, yer yansımaları, yüksek maliyet
Akustik	Pervane/motor ses imzası	Ortam gürültüsü, kısa menzil, zayıf elektrikli imza
Radyo frekansı (RF)	Haberleşme sinyali analizi	Otonom/şifreli İHA'larda etkisiz, RF kirliliği
Görüntü işleme	Kamera + nesne tespiti	Aydınlatma, karmaşık arka plan, küçük hedef, benzer nesneler

Tek bir modaliteye dayanan sistemlerin her birinin belirli senaryolarda yetersiz kalması, görüntü temelli derin öğrenme yaklaşımlarını ve birden çok sensörü birleştiren hibrit çözümleri cazip kılar (B. Wang vd., 2024).

2. YOLO TABANLI NESNE TESPİTİ VE MİMARİ GELİŞİMİ

Derin öğrenme, konvolüsyonel sinir ağları (KSA) aracılığıyla ham piksel verisinden ayırt edici öznitelikleri kendiliğinden öğrenerek bilgisayarlı görü alanını köklü biçimde değiştirmiştir (Krizhevsky vd., 2012; LeCun vd.,

2015). Nesne tespit mimarileri genel olarak iki gruba ayrılır. Birinci grup, bölge önerisine dayanan iki aşamalı yöntemlerdir (örneğin Faster R-CNN). İkinci grup ise tespiti tek ileri geçişte tamamlayan tek aşamalı yöntemlerdir (YOLO, SSD, RetinaNet). İlk grup genelde daha yüksek doğruluk sunarken, ikinci grup düşük çıkarım süresi sayesinde gerçek zamanlı uygulamalarda yeğlenir (Ren vd., 2017; Liu vd., 2016).

YOLO, nesne tespitini tek bir birleşik regresyon problemi olarak kurgular: giriş görüntüsü bir ızgaraya bölünür ve her hücre, sınır kutusu koordinatlarını, güven skorunu ve sınıf olasılıklarını eşzamanlı olarak kestirir. Böylece tespit, tek bir konvolüsyonel ileri geçişte tamamlanır ve iki aşamalı yöntemlere kıyasla çok daha kısa sürede sonuç alınır (Redmon vd., 2016). Mimarinin ardışık sürümleri, doğruluk ile hız arasındaki dengeyi giderek iyileştirmiştir; bu gelişim Tablo 2'de özetlenmektedir.

Tablo 2. YOLO mimarisinin sürümsel gelişimi ve başlıca yenilikleri.

Sürüm	Başlıca yenilik
YOLOv1	Tek aşamalı birleşik regresyon; gerçek zamanlı tespit
YOLOv2	Çapa kutusu (anchor box), Darknet-19 omurgası
YOLOv3	Çok ölçekli tahmin kafaları, Darknet-53; küçük nesnede iyileşme
YOLOv4	CSPNet omurga, PANet boyun, mozaik veri artırma
YOLOv5	PyTorch uygulaması, donanıma ölçeklenebilir varyantlar
YOLOv7	Genişletilmiş verimlilik, gelişmiş eğitim stratejileri
YOLOv8	Anchor-free başlık, C2f blokları, ayrıştırılmış başlık, DFL
YOLOv9	Programlanabilir gradyan bilgisi (PGI) ve GELAN omurgası
YOLOv10	NMS'siz uçtan uca tespit; verimlilik odaklı tasarım
YOLOv11	Geliştirilmiş öznitelik çıkarımı (C3k2), daha az parametre
YOLOv12	Dikkat (attention) merkezli mimari

YOLOv8 mimarisi üç temel bileşene dayanır: gradyan akışını zenginleştiren C2f bloklarından oluşan omurga (backbone), FPN ve PANet ilkelerini birleştirerek çok ölçekli öznitelikleri kaynaştıran boyun (neck) ve sınıflandırma ile kutu regresyonunu birbirinden ayıran, çapa kutusu kullanmayan tespit başı (head). Sınır kutusu kenarları, dağılım odaklı kayıp (Distribution Focal Loss, DFL) yardımıyla olasılıksal olarak modellenir (Jocher vd., 2023). YOLOv8'in ardından gelen sürümler bu yapıyı daha da ileri taşımıştır. YOLOv9, programlanabilir gradyan bilgisi (PGI) ve GELAN yapısıyla bilgi kaybını azaltmıştır (C. Y. Wang vd., 2024). YOLOv10, maksimum olmayan bastırma (NMS) adımını ortadan kaldıran uçtan uca bir tespit yaklaşımı getirmiştir (A. Wang vd., 2024). YOLOv11 ise geliştirilmiş öznitelik çıkarımı ve azaltılmış parametre sayısı ile doğruluk-verimlilik dengesini güçlendirir (Khanam ve Hussain, 2024). En güncel sürümlerde dikkat (attention) merkezli tasarımların öne çıktığı görülmektedir.

2.1. Küçük Nesne Tespiti ve İHA Problemi

İHA'lar, havadan veya uzak mesafeden çekilen görüntülerde çoğunlukla birkaç piksellik bir alan kaplar; MS-COCO ölçütüne göre 32×32 pikselin altındaki nesneler 'küçük nesne' kabul edilir. Ağ derinleştikçe art arda gelen altörnekleme katmanları öznitelik haritalarının çözünürlüğünü düşürür ve küçük bir hedefe ilişkin konum bilgisi derin katmanlarda büyük ölçüde silinir. Üstelik IoU ölçütü, küçük kutularda birkaç piksellik kaymalara karşı bile aşırı duyarlıdır (Padilla vd., 2020). Bu güçlüklerin aşılmasında çok ölçekli özellik birleştirme (FPN, PANet), mozaik veri artırma ve dikkat modülleri başlıca araçlar arasında yer alır (Lin vd., 2017; Huang vd., 2024). Yalnızca görsel özniteliklere dayanan modeller kuş ya da balon gibi benzer görünümlü nesneleri drone sanarak yanlış pozitif üretebildiğinden, optik akış gibi zamansal hareket bilgisinin sürece dâhil edilmesi güncel bir araştırma yönelimidir (Rozantsev vd., 2017).

3. YÖNTEM

Bu bölümde YOLO tabanlı İHA tespiti için tasarlanan yöntem aktarılmaktadır. Süreç dört adımdan oluşur: veri setinin hazırlanması, model seçimi, transfer öğrenmeyle eğitim ve başarımın değerlendirilmesi.

3.1. Veri Seti

Eğitim ve değerlendirmede, Roboflow platformu üzerinden erişilen ve Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) lisansı ile açık erişime sunulan, tek sınıflı (drone) bir veri seti kullanılmıştır. Veri seti toplam 7.261 görüntüden oluşur; bunların 5.238'i eğitim, 1.345'i doğrulama ve 678'i test kümesine ayrılmıştır. Etiketler YOLO biçiminde, yani normalize merkez koordinatı ile genişlik ve yükseklik şeklinde hazırlanmıştır. Veri setinin farklı boyut, açı, mesafe ve aydınlatma koşullarını içermesi görsel çeşitliliği yüksek tutar.

3.2. Model Seçimi

YOLOv8 ailesi nano (n), small (s), medium (m), large (l) ve extra-large (x) olmak üzere giderek büyüyen beş varyant içerir. Bu varyantlar aynı mimariyi paylaşır; aralarındaki fark, katman sayısı ile kanal genişliğinin ölçeklenmesinden doğar. Çalışmada doğruluk ile hesaplama maliyeti arasında pratik bir denge kuran YOLOv8s (Small) varyantı yeğlenmiştir. Yaklaşık 11,1 milyon parametre ve 28,4 GFLOPs işlem yüküne sahip bu model, nano varyantına kıyasla küçük hedeflerde belirgin biçimde daha yüksek doğruluk sunar. Eğitim, NVIDIA GeForce GTX 1650 (4 GB VRAM) donanımı üzerinde; CUDA 12.4, Python 3.11, PyTorch 2.6 ve Ultralytics 8.3 yazılım ortamında yürütülmüştür.

3.3. Eğitim Süreci ve Hiperparametreler

Eğitimde, COCO veri kümesinde ön eğitilmiş YOLOv8s ağırlıkları başlangıç noktası olarak alınmış ve model, transfer öğrenme yoluyla drone tespit görevine uyarlanmıştır. Optimize edici, öğrenme oranı ve momentum değerleri Ultralytics çerçevesince otomatik belirlenmiş; çerçeve, öğrenme oranı 0,002 ve momentum 0,9 olan AdamW optimize edicisini seçmiştir. Eğitim boyunca mozaik, HSV renk oynaması, rastgele öteleme ve ölçekleme, yatay çevirme ve rastgele silme gibi veri artırma teknikleri devreye alınmıştır. Başlıca hiperparametreler Tablo 3'te toplanmıştır.

Tablo 3. YOLOv8s modelinin başlıca eğitim hiperparametreleri.

Parametre	Değer
Temel model	YOLOv8s (Small), COCO ön-eğitilmiş
Giriş görüntü boyutu	512 × 512 piksel
Batch / nominal batch (nbs)	8 / 64
Optimizasyon yöntemi	AdamW (otomatik), lr 0,002, momentum 0,9
Ağırlık sönümü	0,0005
Kayıp ağırlıkları (box/cls/df)	7,5 / 0,5 / 1,5
Veri artırma	Mozaik, HSV, öteleme, ölçek, çevirme, silme
Parametre sayısı / yük	11,1 M / 28,4 GFLOPs

3.4. Başarım Değerlendirme Ölçütleri

Modelin başarımı, nesne tespiti yazınında yaygın biçimde benimsenen ölçütlerle değerlendirilmiştir (Padilla vd., 2020). Doğru pozitif (TP), yanlış pozitif (FP) ve yanlış negatif (FN) sayılarına dayanılarak; kesinlik (Precision), drone olarak işaretlenen örneklerin gerçekten drone olma oranını $[TP / (TP + FP)]$ verir; duyarlılık (Recall) ise gerçek drone örneklerinin ne kadarının yakalandığını $[TP / (TP + FN)]$ ifade eder. F1-skoru bu iki ölçütün harmonik ortalamasıdır. Tahmin edilen kutu ile gerçek kutu arasındaki örtüşme, kesişim/birleşim oranıyla (IoU) ölçülür. mAP@0.5 değeri IoU eşliğinin 0,5 alındığı durumu temsil ederken, mAP@0.5:0.95 eşliğinin 0,5'ten 0,95'e

0,05'lik adımlarla artırılmasıyla elde edilen ortalamayı gösterir. Gerçek zamanlı başarımlar ise görüntü başına işlem süresi (ms) ve saniyedeki kare sayısı (FPS) üzerinden ölçülür.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İHA tespitinde kullanılan yöntemler karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiş, görüntü tabanlı yaklaşımlar içinde YOLO tabanlı sistemlerin mimari gelişimi ve tespitteki rolü ele alınmış, YOLOv8s mimarisine dayalı bir tespit yöntemi tasarlanmıştır. Geleneksel radar, akustik ve RF temelli yöntemler düşük radar kesit alanı, ortam gürültüsü ve otonom İHA'lar gibi engellerle karşılaşır; buna karşılık tek aşamalı YOLO mimarisi, yüksek doğruluğu gerçek zamanlı hızla birlikte sunabilmesi sayesinde küçük ve hızlı İHA hedeflerinin tespitinde uygun bir seçenek olarak öne çıkar.

Bununla birlikte görüntü tabanlı tespit; değişken aydınlatma, karmaşık arka plan, küçük hedef boyutu ve görsel olarak benzer nesnelerin yol açtığı yanlış pozitifler gibi çözülmemiş güçlüklerle karşı karşıyadır. Bu güçlüklerin aşılmasında çok ölçekli özellik birleştirme, dikkat mekanizmaları ve optik akış temelli hareket analizinin sürece katılması umut verici yönler olarak belirir.

Gelecek çalışmalar için birkaç yön önerilebilir. Tasarlanan YOLOv8s tabanlı yöntemin farklı veri kümelerinde kapsamlı biçimde sınanması, optik akış temelli hareket analiziyle birleştirilmesi, çok sınıflı ve gece/termal görüntüler içeren veri setlerinin oluşturulması ve modelin gömülü sistemlerde nicemleme ile budama teknikleri kullanılarak hafifletilmesi bu yönlerin başında gelir.

KAYNAKLAR

- Al-Iqubaydhi, N., Alenezi, A., Alanazi, T., Senyor, A., Alanazi, N., Alotaibi, B., Alotaibi, M., Razaque, A., & Hariri, S. (2024). Deep learning for unmanned aerial vehicles detection: A review. *Computer Science Review*, 51, 100614.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.
- Ezuma, M., Erden, F., Anjinappa, C. K., Ozdemir, O., & Guvenc, I. (2019). Micro-UAV detection and classification from RF fingerprints using machine learning techniques. *IEEE Aerospace Conference*, 1-13.
- Huang, T., Zhu, J., Liu, Y., & Tan, Y. (2024). EDGS-YOLOv8: An improved YOLOv8 lightweight UAV detection model. *Drones*, 8(7), 337.
- Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). Ultralytics YOLOv8 (Sürüm 8.0.0) [Bilgisayar yazılımı]. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- Khanam, R., & Hussain, M. (2024). YOLOv11: An overview of the key architectural enhancements. *arXiv preprint arXiv:2410.17725*.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 25, 1097-1105.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Lin, T. Y., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B., & Belongie, S. (2017). Feature pyramid networks for object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2117-2125.
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 21-37.

- Molchanov, P., Harmanny, R. I. A., de Wit, J. J. M., Egiazarian, K., & Astola, J. (2014). Classification of small UAVs and birds by micro-Doppler signatures. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, 6(3-4), 435-444.
- Padilla, R., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2020). A survey on performance metrics for object-detection algorithms. *International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, 237-242.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779-788.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6), 1137-1149.
- Rozantsev, A., Lepetit, V., & Fua, P. (2017). Detecting flying objects using a single moving camera. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(5), 879-892.
- Seidaliyeva, U., Ilipbayeva, L., Taissariyeva, K., Smailov, N., & Matson, E. T. (2024). Advances and challenges in drone detection and classification techniques: A state-of-the-art review. *Sensors*, 24(1), 125.
- Shakhatreh, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almaita, E., Khalil, I., Othman, N. S., Khreishah, A., & Guizani, M. (2019). Unmanned aerial vehicles (UAVs): A survey on civil applications and key research challenges. *IEEE Access*, 7, 48572-48634.
- Shi, X., Yang, C., Xie, W., Liang, C., Shi, Z., & Chen, J. (2018). Anti-drone system with multiple surveillance technologies. *IEEE Communications Magazine*, 56(4), 68-74.
- Wang, A., Chen, H., Liu, L., Chen, K., Lin, Z., Han, J., & Ding, G. (2024). YOLOv10: Real-time end-to-end object detection. *arXiv preprint arXiv:2405.14458*.
- Wang, B., Li, Q., Mao, Q., Wang, J., Chen, C. L. P., Shangguan, A., & Zhang, H. (2024). A survey on vision-based anti-UAV detection methods. *Drones*, 8(9), 518.
- Wang, C. Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H. Y. M. (2023). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 7464-7475.
- Wang, C. Y., Yeh, I. H., & Liao, H. Y. M. (2024). YOLOv9: Learning what you want to learn using programmable gradient information. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, arXiv:2402.13616.

DEVELOPMENT OF NEW MORTAR BY UTILIZING AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) AND PUMICE BLOCK AS PARTIAL CEMENT REPLACEMENT

Araştırmacı, Mehmet Turgay ÖZÇELİK 1, Doç. Dr. Osman HANSU 2,
Prof. Dr. Mehmet Eren GÜLŞAN 3

1Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye,
Yapı Mekaniği, mehmetturgay.ozcelik@gibtu.edu.tr, 0009-0001-9854-1432

2Gaziantep İslam Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Gaziantep / Türkiye,

Yapı Mekaniği, osman.hansu@gibtu.edu.tr, 0000-0003-1638-4304

3Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye,
Yapı Mekaniği, gulsan@gantep.edu.tr, 0000-0002-8991-0363

Abstract

This study investigates the potential use of finely ground autoclaved aerated concrete powder (AACP) and pumice block powder (PBP)—both obtained as ready-made construction elements—as partial cement substitutes in self-compacting mortars. The main objective is to evaluate the effects of these materials on fresh, mechanical, and durability-related properties. Mortar mixtures were prepared by replacing cement with AACP and PBP at various ratios. The fresh-state behavior was assessed through slump-flow tests, while flexural strength, compressive strength, and water absorption were determined at 7 and 28 days. A reference mixture was used as a baseline for comparison. The results showed that both AACP and PBP can be used as supplementary cementitious materials within limited replacement levels. AACP generally caused a gradual reduction in flexural and compressive strength and a slight increase in water absorption due to its porous structure and filler effect. In contrast, PBP exhibited more stable performance, maintaining strength values close to or slightly higher than the reference mixture at low replacement levels, while showing limited increases in water absorption. This behavior is attributed to its fine particle structure and partial pozzolanic activity. Overall, performance degradation was more pronounced in AACP-based mixtures, whereas PBP-based mixtures demonstrated a more balanced response in terms of both strength and durability. For both materials, the optimal replacement range was identified as 2.5%–5%, where mechanical performance was largely preserved and durability changes remained limited. The study demonstrates that these ready-made materials can be effectively incorporated into cement-based systems, providing a sustainable alternative for potential application following large-scale demolition or natural disasters.

Keywords: Self-compacting mortar; cement replacement; sustainability; demolition or natural disasters.

YAPI MALZEMELERİ OLAN GAZBETON VE BİMSİN (POMZA) ÇİMENTO YERİNE İKAME EDİLMESİYLE YENİ HARÇ ÜRETİMİ

Araştırmacı, Mehmet Turgay ÖZÇELİK 1, Doç. Dr. Osman HANSU 2,

Prof. Dr. Mehmet Eren GÜLŞAN 3

**1Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Gaziantep / Türkiye,**

Yapı Mekaniği, mehmetturgay.ozcelik@gibtu.edu.tr, 0009-0001-9854-1432

**2Gaziantep İslam Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Gaziantep / Türkiye,**

Yapı Mekaniği, osman.hansu@gibtu.edu.tr, 0000-0003-1638-4304

**3Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye,
Yapı Mekaniği, gulsan@gantep.edu.tr, 0000-0002-8991-0363**

Özet

Bu çalışma, her ikisi de hazır yapı elemanlarından elde edilen ince öğütülmüş otoklavlanmış gazbeton tozu (OGT) ve pomza bloğu tozunun (PBT), kendiliğinden yerleşen harçlarda kısmi çimento ikamesi olarak kullanılabilirliğini araştırmaktadır. Ana amaç, bu malzemelerin taze, mekanik ve durabilite (kalıcılık) özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Harç karışımları, çimentonun farklı oranlarda OGT ve PBT ile ikame edilmesiyle hazırlanmıştır. Taze durum davranışı yayılma (slump-flow) testleri ile değerlendirilirken; eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve su emme oranları 7 ve 28. günlerde belirlenmiştir. Karşılaştırma için bir referans karışımı baz alınmıştır. Sonuçlar, hem OGT'nin hem de PBT'nin sınırlı ikame seviyelerinde puzolanik katkı (tamamlayıcı çimentolu malzeme) olarak etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. OGT, gözenekli yapısı ve dolgu (filler) etkisi nedeniyle genel olarak eğilme ve basınç dayanımlarında kademeli bir düşüşe ve su emme oranında hafif bir artışa neden olmuştur. Buna karşılık PBT, düşük ikame seviyelerinde referans karışıma yakın veya hafifçe daha yüksek dayanım değerleri sergileyerek daha kararlı bir performans göstermiş ve su emme oranındaki artışı sınırlı tutmuştur. Bu davranış, PBT'nin ince taneli yapısına ve kısmi puzolanik aktivitesine atfedilmektedir. Genel olarak, OGT esaslı karışımlarda performans düşüşü daha belirgin görülürken, PBT esaslı karışımlar hem dayanım hem de durabilite açısından daha dengeli bir tepki ortaya koymuştur. Her iki malzeme için de mekanik performansın büyük ölçüde korunduğu ve durabilite değişimlerinin sınırlı kaldığı optimum ikame aralığı %2,5–5 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, söz konusu hazır malzemelerin çimento esaslı sistemlere başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini göstererek, büyük ölçekli yıkımlar veya doğal afetlerin ardından potansiyel uygulamalar için sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden yerleşen harç; çimento ikamesi; sürdürülebilirlik; yıkım veya doğal afetler.

1. INTRODUCTION

The construction industry is one of the largest sectors in terms of natural resource consumption, energy use, and waste generation. Rapid urbanization and infrastructure development continuously increase the demand for cement-based materials such as concrete and mortar. However, this growth leads to significant environmental concerns, including depletion of natural resources and increasing carbon emissions (Adediran et al., 2026; Oyejobi et al., 2024).

Portland cement is the most widely used binder in construction materials; however, its production is highly energy-intensive and contributes significantly to global CO₂ emissions due to clinker production at high temperatures. Therefore, reducing cement consumption and developing alternative binder systems has become an important research focus in sustainable construction (Oyejobi et al., 2024; Panda et al., 2025).

One of the most effective approaches to reducing cement usage is the incorporation of supplementary cementitious materials (SCMs). Industrial by-products and construction and demolition wastes are increasingly used as partial cement replacements. These materials contribute to sustainability by reducing landfill disposal and lowering the demand for natural resources. Their effects are generally attributed to the filler mechanism, which improves particle packing, and pozzolanic reactions, which generate additional hydration products such as calcium silicate hydrate (C–S–H) (K & Das, 2022; Moolchandani et al., 2025).

Among construction and demolition wastes, autoclaved aerated concrete (AAC) has attracted increasing attention. AAC is widely used as a lightweight building material due to its low density, high porosity, and thermal insulation properties. However, large amounts of AAC waste are typically landfilled. When finely ground, AAC waste can be used in cementitious systems, mainly acting as a filler and partially contributing to hydration-related processes (He et al., 2020; Zou et al., 2022).

Pumice (bims), a natural volcanic material, is another widely studied supplementary material. It is characterized by high porosity and high amorphous silica content. When finely ground, pumice exhibits pozzolanic activity by reacting with calcium hydroxide formed during cement hydration, leading to the formation of secondary C–S–H phases and improved long-term performance (Kabay et al., 2021; Karataş et al., 2017; Rahman et al., 2022).

Although AAC and pumice differ in origin, they share a common potential as cement replacement materials. AAC mainly contributes through a physical filler effect, while pumice provides both physical and chemical contributions due to its natural pozzolanic behavior. Therefore, their combined use may result in synergistic effects in terms of microstructural refinement and performance improvement (Zhang et al., 2023; Zhao et al., 2021).

Recent research has increasingly focused on hybrid binder systems rather than single-material replacements. These systems combine different mineral additives to enhance particle packing, hydration development, and microstructure densification while reducing cement content. However, most studies focus on traditional materials such as fly ash, slag, and silica fume, while research on AAC–pumice combinations remain limited (Moolchandani et al., 2025; Panda et al., 2025).

From a sustainability perspective, the reuse of construction and demolition waste generated after earthquakes is also highly important. Instead of disposal, these materials can be reprocessed and reused in construction applications, contributing to circular economy principles and reducing environmental burden (Abhilasha et al., 2023).

In this context, this study investigates the use of finely ground AAC waste and pumice powder as partial cement replacements in self-compacting mortar systems. The aim is to evaluate their individual and combined effects on

fresh properties, mechanical strength, and water absorption behavior, and to identify optimum replacement levels for sustainable performance.

2. EXPERIMENTAL PROGRAM

The experimental program was designed to evaluate the effects of using finely ground autoclaved aerated concrete (AACP) and pumice block powder (PBP) on the properties of self-compacting mortars. In this context, cement was partially replaced with AACP and PBP at various ratios, and the resulting mixtures were compared to a reference mortar containing only Portland cement.

A total of various mortar mixtures were prepared as part of the study. One mixture was designated as the control group (SCM0), while the other mixtures were produced by partially replacing the cement with AACP and PBP at different ratios. To ensure a fair comparison among the mixtures, the total binder content was kept constant in all mixtures.

The experimental study was conducted in three main stages: material preparation, mixture production, and testing. In the first stage, AACP and pumice block materials were obtained as ready-made products supplied to the laboratory. The materials were crushed into smaller pieces and then ground into a fine powder using a Los Angeles abrasion tester. After the grinding process was completed, the materials were sieved through a 125 μm sieve, and only the fraction of this size was used in the experimental study. In the second stage, the mortar mixtures were prepared in a laboratory setting. The dry components—cement, fine aggregate, and mineral admixtures—were first mixed until a homogeneous distribution was achieved. Water and chemical admixtures were then added gradually, and mixing continued until a homogeneous and workable mortar was obtained. Consistency was ensured by applying the same mixing procedure to all mixtures. In the third stage, the properties of fresh and hardened mortars were examined. The workability and flow properties of the fresh mortars were evaluated using a mini-slump test. For the properties of the hardened mortars, flexural and compressive strength tests were conducted on the 7th and 28th days. Additionally, water absorption tests were performed to analyze changes in pore structure and durability-related behavior.

All specimens were cast into prismatic molds and cured under standard water curing conditions until the test date. The flexural strength test was performed first, and the broken half-prism specimens were used in the compressive strength test; this ensured consistency among the results. In general, the experimental program was designed to isolate the effects of AACP and PBP use on mortar performance. Since all other parameters were held constant, changes in fresh, mechanical, and physical properties can be directly attributed to the type and amount of cement substitute used.

2.1. Materials

In this study, CEM I 42.5 R Portland cement was used as the main binder material. The cement was selected as the reference binder for all mixtures due to its widespread use in conventional mortar systems and its stable early-age strength development. All experimental results were evaluated with respect to a control mixture containing only Portland cement.

In this study, commercially available Portland cement supplied by ÇİMKO Cement Industry and Trade Inc. was used as the primary binder material. The cement was obtained from the ÇİMKO Narlı Cement Plant and used in all mortar mixtures as the reference binder. The chemical composition of the cement was derived from the technical data provided by the manufacturer and is presented in Table 1. The physical and mechanical properties of cement are presented in Table 2.

Table 1. The Chemical Properties Of Cement

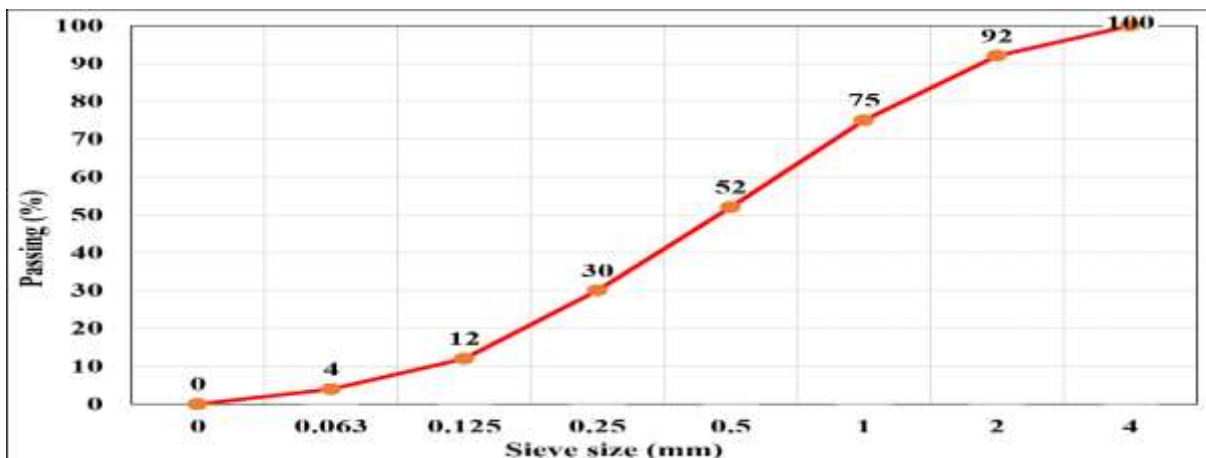
Component	Value (%)
SiO ₂	20.50
Al ₂ O ₃	5.20
Fe ₂ O ₃	3.10
CaO	125.80
MgO	2.10
SO ₃	2.70
Loss on Ignition	2.30

Table 2. Physical And Mechanical Properties Of Cement

Property	Value
Specific Gravity (g/cm ³)	3.10
Blaine Fineness (cm ² /g)	3400
Initial Setting Time (min)	120
Final Setting Time (min)	210
Compressive Strength at 28 Days (MPa)	52.0

Natural river sand obtained from a local aggregate source was used as fine aggregate. The sand was first washed to remove dust, clay, and organic impurities, and then sieved to eliminate particles larger than 4 mm. This ensured a consistent grading suitable for mortar production. The particle size distribution of the sand was kept constant throughout all mixtures to avoid any influence of aggregate variation on the experimental results.

The granulometry curve of the washed river sand used in the study is shown in **Figure 1**. The sieve analysis revealed that all of the aggregate passed through the 4 mm sieve. Thanks to this continuous particle size distribution, the voids between aggregate particles can be filled with finer particles, thereby achieving a more homogeneous structure in mortar mixtures. Furthermore, the low amount of fine material helps keep the mixture's water demand under control. Therefore, the washed river sand used in this study was evaluated as having a suitable particle size distribution for mortar production.


Figure 1. Sand sieve analysis

Ordinary tap water from the laboratory water supply was used as mixing water without undergoing any chemical treatment. To ensure consistency, the same water source was used for all mixtures.

In this study, two different construction materials were used as partial substitutes for cement:

- Autoclaved aerated concrete powder (AACP)
- Pumice block powder (PBP)

Both materials were ready-made products procured for the laboratory. The primary objective of this study is to evaluate the potential of these materials for use in cement-based systems without any additional processing or activation.

2.1.1. Processing of AAC and Pumice Block

The autoclaved aerated concrete (AACP) used in this study was obtained as a ready-made product. The AACP blocks were broken into small pieces in the laboratory using a sledgehammer and then ground into a fine powder. As a result of this process, AACP with a particle size suitable for use as a cement substitute in mortar mixtures was obtained. Similarly, the pumice block (PBP) was also broken into small pieces using a sledgehammer, ground. The crushed AAC material was then ground using a Los Angeles abrasion machine. During the grinding process, standard steel balls were placed inside the drum, and the machine was operated for 500 revolutions. This process was used to achieve a fine powder form suitable for cement replacement. Grounded materials sieved through a 0.125 mm sieve to obtain a powder ready for use in mortar tests. Thus, both materials were prepared for direct use in the experiments while ensuring that their mechanical and physical properties remained under control.

Images of the process for preparing aerated concrete for experimental studies are shown in **Figure 2**. Figure 2.(a) shows the Los Angeles abrasion tester used for grinding the aerated concrete. Figure 2.(b) shows the steel balls used in the Los Angeles abrasion tester. Figure 2.(c) Following the grinding process, the material was sieved, and the fraction passing through a 0.125 mm sieve was separated and used as a cement substitute in the experimental studies.



(a)

(b)

(c)

Figure 2. Preparation stages for aerated concrete: (a) The Los Angeles abrasion tester, (b) Steel balls used in the Los Angeles abrasion tester, (c) Aerated concrete powder obtained after grinding and screening.

Both AAC and pumice powders were used in their natural processed form without any modification, allowing the study to focus on the direct reuse potential of construction waste materials.

2.2. Mix Design

A total of 11 different mortar mixtures were prepared in this study, including one reference mixture and ten modified mixtures containing either AACP or PBP as partial cement replacements.

The reference mixture (SCM0) contained only Portland cement as the binder. In the other mixtures, cement was replaced by AAC or pumice powder at five different levels: 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5% by weight.

The total binder content was kept constant at 600 kg/m³ for all mixtures. The water-to-binder ratio was fixed at 0.417 to ensure comparability between mixtures. The amount of fine aggregate was kept constant at 1514 kg/m³.

The component quantities of the mixtures prepared as part of the experimental program are presented in **Table 3**. The abbreviations used in naming the mixtures indicate the type of binder and the substitute material present in the mixture. The reference mixture is designated as SCM0 and contains no mineral admixture. In the mixture codes, “SCM” stands for self-compacting mortar, “PBP” for pumice block dust, and “AACP” for autoclaved aerated concrete powder. The numbers at the end of the codes are used to indicate the amount of additive used in the mixtures. Thus, the composition of each mixture and the type of mineral additive used can be easily understood from the mixture codes. This naming system has enabled mixtures to be tracked more systematically during the evaluation and comparison of test results.

Table 3. Mortar Mix Ratios

Mix ID	Cement (kg/m ³)	PBP (kg/m ³)	AACP (kg/m ³)	HRWR (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Sand (kg/m ³)
SCM0	600	0	0	10	250	1514
SCM-PBP1	585	15	0	10	250	1514
SCM-PBP2	570	30	0	10	250	1514
SCM-PBP3	555	45	0	10	250	1514
SCM-PBP4	540	60	0	10	250	1514
SCM-PBP5	525	75	0	10	250	1514
SCM-AACP1	585	0	15	10	250	1514
SCM- AACP2	570	0	30	10	250	1514
SCM- AACP3	555	0	45	10	250	1514
SCM- AACP4	540	0	60	10	250	1514
SCM- AACP5	525	0	75	10	250	1514

A constant dosage of high-range water reducing admixture (HRWR) was used in all mixtures to maintain workability and ensure self-compacting behavior.

The mix proportions were carefully designed so that only the type and amount of cement replacement varied, while all other parameters remained unchanged. This approach allowed the direct evaluation of the effects of AAC and pumice block powders on mortar performance.

2.2.1. Mixing Procedure and Specimen Preparation

All mortar mixtures were prepared in a laboratory-type mixer under controlled conditions. The same mixing sequence was applied to all batches to ensure consistency.

First, cement, sand, and mineral additives (AACP or PBP) were dry-mixed for 60 seconds to ensure uniform distribution of the materials. After dry mixing, approximately half of the mixing water containing superplasticizer was added and mixed at low speed for 60 seconds.

The remaining water was then added, and the mixture was mixed at high speed for 90 seconds. After a short rest period of 30 seconds, the mixture was scraped from the sides of the mixer and mixed again for 90 seconds to complete the homogenization process. The total mixing time was approximately 300 seconds.

Fresh mortar was then cast into $40 \times 40 \times 160$ mm prismatic molds. Due to the self-compacting nature of the mixtures, no vibration or external compaction was applied during casting. The mortar flowed into the molds under its own weight.

The Figure 4. show the laboratory-type mixer used in mortar production, the aerated concrete and pumice powders obtained after the grinding process, the self-compacting mortar samples poured into molds, and the prismatic samples stored in the curing tank. Due to the high fluidity of the self-compacting mortars, no vibration or mechanical compaction was applied during the filling of the molds. By ensuring the same mixing and curing conditions throughout all stages of the production process, the aim was to ensure that the results reflected only the effect of the aerated concrete and pumice powders used in place of cement. A total of 11 different mix series were produced, and a sufficient number of specimens were prepared for each mix to be used in mechanical and physical tests.



Figure 1. Sample preparation

After casting, the specimens were kept in laboratory conditions for 24 hours. Following initial setting, the specimens were demolded and transferred to a curing tank maintained at 20 ± 2 °C. All specimens were kept fully submerged in water until the testing ages of 7 and 28 days.

2.3. Test Methods

2.3.1. Slump-Flow Test

The fresh properties of the mortar mixtures were evaluated using the mini slump-flow test based on EFNARC (EFNARC, 2002) guidelines for self-compacting materials. A truncated cone mold with dimensions of 70 mm top diameter, 100 mm bottom diameter, and 60 mm height was used. The mold was filled in two layers without vibration. After filling, the cone was lifted vertically, allowing the mortar to spread freely on a flat surface.

The final spread diameter was measured in two perpendicular directions and the average value was recorded as the slump-flow result. This test was used to evaluate the workability and flowability of the mixtures (**Figure 5**).



Figure 2. Slump-flow test

2.3.2. Flexural Strength Test

Flexural strength tests were conducted in accordance with ASTM C348 (ASTM C348, 2008) using prismatic specimens measuring $40 \times 40 \times 160$ mm. A three-point bending configuration was used. Load was applied at the midpoint of the specimen span at a constant loading rate until failure occurred. Tests were performed at both 7 and 28 days to evaluate early and later age performance.

Flexural strength tests were conducted according to the three-point loading principle specified in the ASTM C348 (ASTM C348, 2008) standard. During the test, the prismatic specimens were placed on two supports, and a load was applied at the midpoint of the span. The loading process was performed at a constant rate, and the maximum load value at the moment of specimen failure was recorded. A schematic representation of the test setup is shown in **Figure 6**.

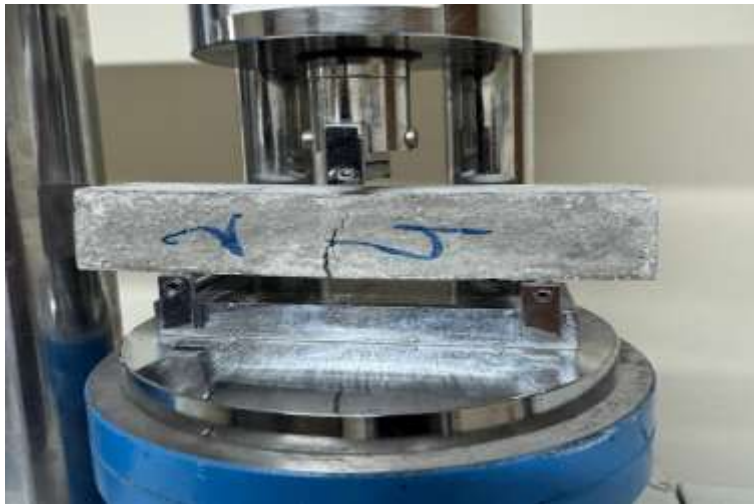


Figure 3. Flexural strength test

At least three specimens were tested for each mixture and the average values were reported. After testing, the broken halves were preserved for compressive strength testing.

2.3.3. Compressive Strength Test

Compressive strength was determined according to ASTM C349 (ASTM C349, 2013) using the fractured halves obtained from flexural strength tests. Each half specimen was placed between the compression plates of a hydraulic testing machine, and axial load was applied until failure. The maximum load was recorded and compressive strength was calculated.

Compressive strength tests were conducted on a compression testing machine with a hydraulic loading system. The half-prism specimens obtained from the flexural strength test were carefully placed between the loading plates, and an axial load was applied to the specimen. During the test, the load was continuously increased at the rate specified in the standard, and the maximum load value at the moment of specimen failure was recorded (Figure 7.).



Figure 4. A compressive strength test setup conducted in accordance with the ASTM C349 (ASTM C349, 2013) standard.

For each mixture, multiple specimens were tested at 7 and 28 days, and average values were used for analysis.

2.3.4. Water Absorption Test

To evaluate the pore structure and durability properties of the mortars, water absorption tests were conducted at both the 7-day and 28-day curing periods. Specimens were first dried in an oven at 105 ± 5 °C until constant mass was achieved. After cooling to room temperature, the dry mass was recorded. The specimens were then fully immersed in water until saturation.

The samples, whose dry weights had been determined, were then completely submerged in water and left to stand in the water for a specified period of time. After the samples had become saturated with water, the excess water on their surfaces was wiped off with a damp cloth, and the dry weights of the saturated surfaces were measured. The water absorption values were then calculated using the samples' dry and saturated weights (Figure 8.).



Figure 5. Images showing the oven-drying, immersion in water, and weighing of samples as part of a water absorption test.

After saturation, surface water was removed and the saturated mass was measured. Water absorption was calculated based on the difference between dry and saturated masses. At least three specimens were tested for each mixture.

2.4. Evaluation Method

The results obtained from flexural strength, compressive strength, and water absorption tests were compared with the reference mixture to evaluate the influence of AAC and pumice powder. Strength development at 7 and 28 days was analyzed to understand early and long-term behavior. Water absorption results were used to assess changes in pore structure and durability-related properties. All results were presented in tables and figures to clearly show the effect of replacement ratio. The evaluation focused on identifying optimum substitution levels that provide a balance between mechanical performance and sustainability.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Fresh State Test Results

In this study, the fresh properties of self-compacting mortar (SCM) mixtures were evaluated using the mini-slump flow test. The results obtained reflect the effect of replacing cement with PBP and AACP at different ratios. The slump-flow results are presented in **Figure 9**.

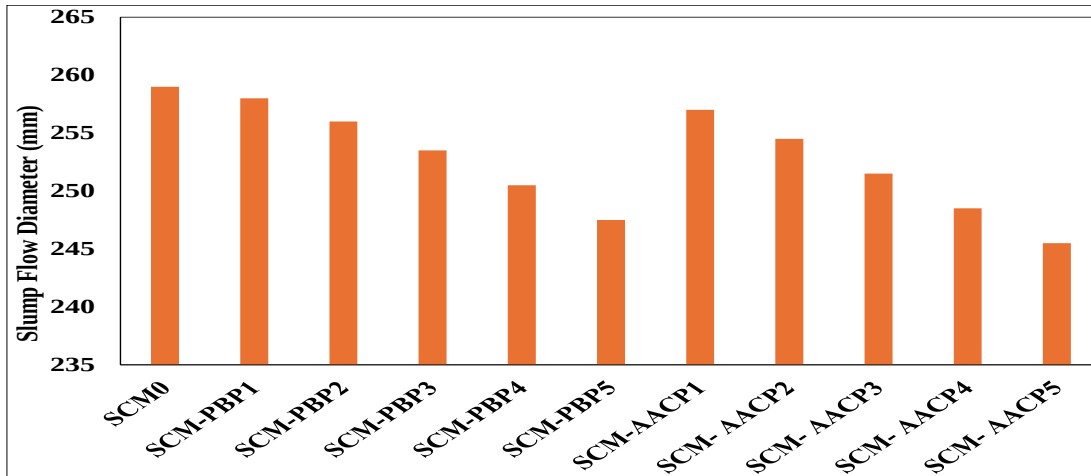


Figure 9. Slump-flow test results

All mixtures exhibited satisfactory flowability, with slump-flow values ranging between 240 and 260 mm. These results confirm that all mixtures maintained sufficient workability for self-compacting behavior and were able to spread under their own weight without the need for external vibration. The reference mixture (SCM0) showed a spread value of 259 mm, which was considered the baseline for comparison.

A gradual decrease in slump-flow values was observed in the pumice series as the replacement ratio increased. The values decreased from 258 mm in SCM-WPD1 to 248 mm in SCM-WPD5. This reduction was steady and did not cause any loss of self-compacting ability. The decrease in flowability is mainly related to the fine particle structure of pumice, which increases the specific surface area and, consequently, the water demand of the mixture.

A similar trend was observed in the AAC series. The slump-flow value decreased from 257 mm in SCM-WAACD1 to 246 mm in SCM-WAACD5. Compared to pumice mixtures, the reduction was slightly more pronounced in AAC-containing mixes. This behavior can be attributed to the porous nature of AAC particles, which tends to absorb part of the mixing water and reduces the effective free water available for flow.

When both series are compared, pumice mixtures generally showed slightly higher slump-flow values than AAC mixtures at the same replacement levels. For example, at around 10% replacement, the pumice mixture reached 251 mm, while the AAC mixture showed 249 mm. Although the difference is small, it consistently indicates a more stable flow behavior in pumice-based mixtures.

From a fresh-state performance perspective, all mixtures satisfied the basic requirements of self-compacting mortar behavior. According to EFNARC (EFNARC, 2002) principles, such mixtures should maintain continuous flow without segregation and exhibit only gradual changes in workability. In this study, the reduction in slump-flow values was gradual and linear across all replacement levels, and no abrupt loss of flowability or segregation was observed.

This behavior is mainly governed by changes in particle packing and water demand. The incorporation of finely grounded AAC and pumice block initially contributes to a filler effect, improving particle arrangement. However, as the replacement ratio increases, the reduction in cement content and the higher surface area of the powders lead to a slight decrease in workability. Despite this, the consistency of the trend indicates that the mixture design remains stable.

Overall, the results show that both PBP and AACP can be used in self-compacting mortar systems without causing critical workability problems. However, better balance between flowability and mixture stability is generally

achieved at lower replacement levels, particularly in the range of 2.5% to 5%. This trend is also consistent with the mechanical performance results obtained in later sections.

3.2. Flexural Strength Results

3.2.1. AACP Mixtures Flexural Strength Results and Discussion

The effects of replacing cement with AACP on the flexural strength of self-compacting mortars were evaluated at 7 and 28 days. The obtained results are presented in **Figure 10**.

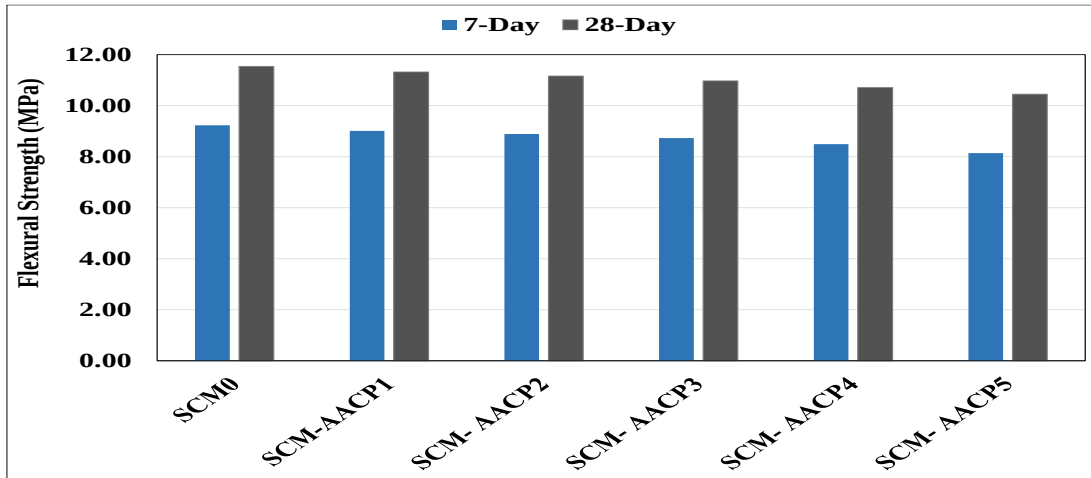


Figure 10. AACP substituted mixes flexural strength test results

Overall, flexural strength increased with curing age in all mixtures. The reference mixture (SCM0) exhibited flexural strengths of 9.23 MPa at 7 days and 11.54 MPa at 28 days, indicating continuous strength development due to ongoing hydration and microstructural densification.

In the AAC-containing series, a gradual decrease in flexural strength was observed with increasing replacement ratio. At the lowest replacement level (2.5%), the 28-day strength was 11.32 MPa, corresponding to a minor reduction of approximately 1.9% compared to the reference mixture. This relatively small loss suggests that at low dosages, AAC powder contributes positively through a filler effect, improving particle packing and reducing voids within the matrix.

As the replacement ratio increased to 5% and 7.5%, flexural strength values remained close to the reference level, although a more noticeable decline in performance began to appear. At higher replacement levels (10% and 12.5%), the reduction in strength became more evident, reaching approximately 7–9% compared to the control mixture at 28 days.

This behavior can be attributed primarily to the limited pozzolanic activity of AAC powder. Since most hydration in AAC materials is completed during its original production, the re-ground material contributes mainly through physical filling rather than chemical reactivity. As the cement content decreases with higher replacement ratios, the reduction in active binder becomes more dominant in the system.

The literature reports similar findings, where finely ground AAC improves early microstructure through nucleation and filler effects but shows limited contribution to long-term strength development when no additional activation is applied.

Despite the observed reductions, all AAC mixtures maintained flexural strength values above 10 MPa at 28 days, indicating that AAC powder can still be considered a technically viable supplementary material at controlled replacement levels.

Overall, the most balanced performance was obtained in the 2.5–5% replacement range, where strength loss was minimal and mechanical performance remained close to that of the reference mixture.

3.2.2. Pumice Block Powder Mixtures Flexural Strength Results and Discussion

In contrast to AAC mixtures, pumice-containing mortars generally exhibited better flexural performance. The obtained results are presented in **Figure 11**. As in all series, strength increased with curing time due to continued hydration, with the reference mixture reaching 11.54 MPa at 28 days.

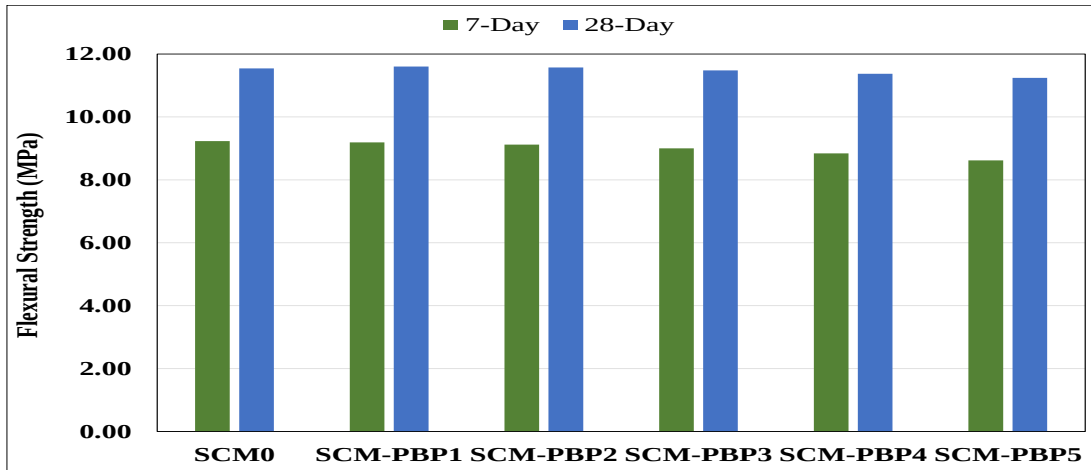


Figure 11. PBP substituted mixes flexural strength test results

At low replacement levels (2.5% and 5%), pumice powder showed comparable or slightly higher flexural strength than the reference mixture, with values of 11.60 MPa and 11.57 MPa, respectively. This indicates that finely ground pumice does not act merely as an inert filler but contributes positively to the internal structure of the mortar.

This improvement can be explained by the combined effect of particle packing and early-stage pozzolanic activity. The fine pumice particles fill voids within the cement matrix, leading to a denser structure, while their silica-rich composition supports long-term secondary hydration reactions.

At 7.5% replacement, the flexural strength remained almost unchanged compared to the reference mixture, while slight reductions were observed at 10% and 12.5% replacement levels. Even at the highest replacement ratio, however, the reduction was limited to approximately 2–3%, indicating stable mechanical behavior.

The literature confirms that pumice-based systems typically maintain mechanical performance at low to medium replacement levels, mainly due to their pozzolanic nature and micro-filler effect. Unlike highly reactive mineral additives, pumice contributes gradually to strength development, particularly at later ages.

In this study, the 28-day results clearly show that pumice powder has a more stable effect on flexural performance compared to AAC powder. Even at higher replacement ratios, the strength reduction remained limited, and all values stayed close to the reference mixture.

Overall, the most effective range for pumice powder was also found to be between 2.5% and 5%, where either equivalent or slightly improved flexural performance was achieved.

3.2.3. Comparative Evaluation of AACP and PBP Mixtures

A comparative evaluation of AAC and pumice block powder clearly shows different behavior patterns in flexural strength development.

While pumice mixtures maintained or slightly improved flexural strength at low replacement levels, AAC mixtures showed a consistent decrease in strength across all replacement ratios. At 28 days, the reference mixture reached 11.54 MPa, whereas pumice mixtures ranged between 11.24 and 11.60 MPa, and AAC mixtures ranged between 10.45 and 11.32 MPa.

The main reason for this difference lies in the intrinsic properties of the materials. Pumice contains amorphous silica and exhibits natural pozzolanic activity, contributing to secondary C-S-H formation. In contrast, AAC powder is largely composed of already hydrated phases, and its contribution is mostly limited to filler effects rather than chemical reactivity.

As a result, pumice provides both physical and chemical contributions to the system, while AACP primarily affects the system through particle packing. This leads to a more stable and effective performance for pumice-based mixtures.

Another important observation is that both materials show more pronounced differences at higher replacement levels. As cement content decreases, the contribution of supplementary materials becomes more critical, and the limited reactivity of AAC becomes more evident.

Despite these differences, both materials have maintained acceptable levels of mechanical performance. Even the AAC mixtures with the highest replacement ratios remained within technically usable strength limits, confirming the potential for such materials to be used as supplementary materials in cement-based systems.

From a sustainability perspective, both materials contribute to reducing cement consumption. While pumice blocks offer a more pronounced advantage in terms of mechanical performance, AAC can be considered an alternative option in situations where lower performance requirements are acceptable.

3.3. Compressive Strength Results

3.3.1. AACP Mixtures Compressive Strength Results and Discussion

The compressive strength results of self-compacting mortars incorporating AACP were evaluated at 7 and 28 days, and the results are presented in **Figure 12**. As expected, all mixtures showed an increase in compressive strength with curing age due to continued hydration and progressive densification of the cement matrix.

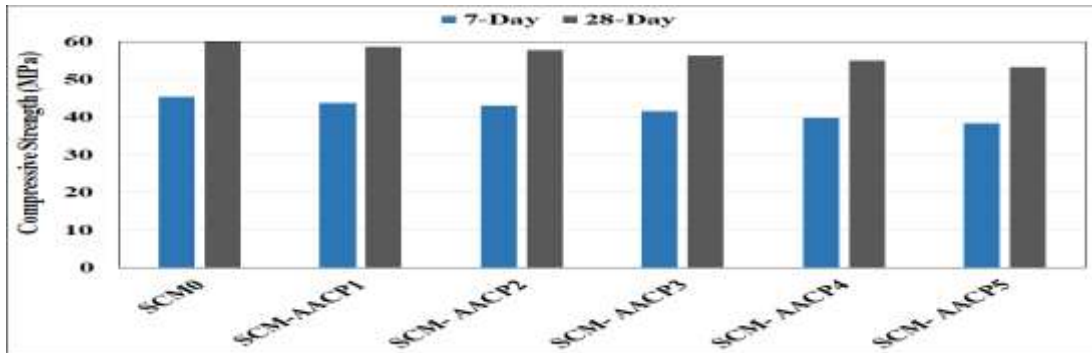


Figure 12. AACP substituted mixes compressive strength test results

The reference mixture (SCM0) reached 45.35 MPa at 7 days and 59.88 MPa at 28 days. This increase reflects the normal hydration development of Portland cement, leading to a more compact microstructure over time.

In AAC-modified mixtures, a consistent but gradual reduction in compressive strength was observed as the replacement ratio increased. At the lowest replacement level (2.5%), the 28-day strength was 58.62 MPa, corresponding to a minor reduction of about 2.1% compared to the reference mixture. This limited loss suggests that finely ground AAC particles contribute positively to the system at low dosages, mainly through a filler effect and improved particle packing.

As the replacement level increased to 5% and 7.5%, compressive strength values slightly decreased but remained close to the control mix, with reductions remaining below 6%. However, at higher replacement ratios (10% and 12.5%), the effect of reduced cement content became more pronounced, and strength losses increased to approximately 8–11%.

This behavior is mainly associated with the limited chemical reactivity of AAC. Since AAC is already a hydrated material, its contribution to further hydration is restricted, and its role in the system is largely physical rather than chemical. As a result, increasing replacement levels gradually reduce the amount of active cement available for strength development.

Despite this trend, all AAC mixtures maintained relatively high compressive strength values above 50 MPa at 28 days, indicating that AAC can still be considered a usable supplementary material in cement-based systems when used in controlled amounts.

Overall, the most balanced performance was observed in the 2.5–5% replacement range, where mechanical performance remained close to the reference mixture.

3.3.2. Pumice Powder Mixtures Compressive Strength Results and Discussion

Unlike AAC mixtures, pumice-containing mortars showed a more stable and, in some cases, slightly improved compressive strength performance. Strength development followed the same general trend, with all mixtures gaining strength between 7 and 28 days due to ongoing hydration (**Figure 13**).

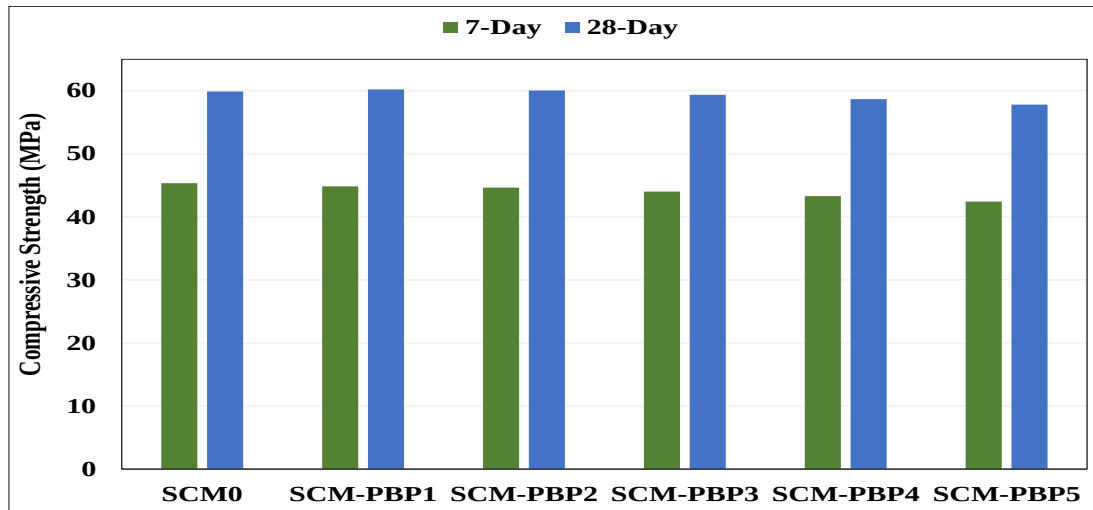


Figure 13. PBP compressive strength test results

The reference mixture reached 59.88 MPa at 28 days. In contrast, mixtures containing 2.5% and 5% pumice powder achieved 60.22 MPa and 60.05 MPa, respectively. These values are slightly higher than the control mix,

indicating that pumice powder contributes positively to the internal structure of the mortar at low replacement levels.

This improvement can be attributed to the fine particle size of pumice, which enhances particle packing and reduces void content within the cement matrix. In addition, the amorphous silica content of pumice can react slowly with calcium hydroxide, contributing to secondary C-S-H formation and long-term strength development.

At higher replacement ratios (7.5%, 10%, and 12.5%), compressive strength gradually decreased; however, the reductions remained limited. Even at the highest replacement level, the 28-day strength was 57.81 MPa, corresponding to a reduction of approximately 3.5% compared to the reference mixture.

This relatively small decrease confirms that pumice powder maintains its performance even at moderate replacement levels. The results are consistent with the general behavior of natural pozzolans, which tend to contribute more significantly at later ages.

When compared with AAC mixtures, pumice-based mortars clearly exhibited better performance in terms of compressive strength. While AAC mixtures showed a steady decline with increasing replacement, pumice mixtures maintained or slightly improved strength at low dosages and showed only minor reductions at higher levels.

The main reason for this difference is the pozzolanic nature of pumice. Unlike AAC powder, which mainly acts as a filler, pumice participates in hydration reactions and contributes to binder formation over time.

3.3.3. Comparative Evaluation of AACP and PBP Mixtures Compressive Strength Results and Discussion

A comparison of the two materials clearly shows that their effects on compressive strength occur through different mechanisms. Although both materials are used as partial substitutes for cement, their behavior within the cement matrix differs.

Pumice blocks generally provided higher compressive strength values than AAC at all substitution levels. For example, at a 5% replacement rate, the pumice mixture reached a value of 60.05 MPa, while the AAC mixture exhibited a strength of 57.74 MPa. A similar trend was observed at higher replacement rates, and the difference between the two materials became more pronounced.

The primary reason for this difference lies in the chemical composition of the materials. Pumice blocks contain reactive silica phases that contribute to pozzolanic reactions, whereas AAC consists primarily of fully hydrated compounds and has limited chemical activity. Consequently, while pumice contributes both physically and chemically, AAC primarily provides a physical contribution through the compaction of its particles.

Another important observation is that both materials exhibit acceptable performance at low substitution rates. In particular, the 2.5–5% range stands out as the most suitable substitution range for both maintaining strength and achieving cement savings.

From a sustainability perspective, both materials provide environmental benefits by reducing cement consumption. However, the pumice block offers more consistent mechanical performance and appears suitable for a wider range of applications in structural mortar systems. On the other hand, AAC can be considered a viable alternative for applications with lower performance requirements or non-critical uses.

3.4. Water Absorption Results and Discussion

3.4.1. AACP Mixtures Water Absorption Results and Discussion

Water absorption behavior of self-compacting mortars incorporating AACP was evaluated at 7 and 28 days. The results are presented in **Figure 14**. Water absorption is an important indicator of pore structure and is directly related to the durability performance of cement-based materials.

In all mixtures, water absorption values decreased with curing age. This is attributed to the ongoing hydration process, which leads to progressive pore refinement and a denser microstructure. The reference mixture (SCM0) exhibited water absorption values of 2.26% at 7 days and 2.08% at 28 days, indicating a relatively dense and well-developed matrix.

In AAC-containing mixtures, water absorption increased progressively with increasing replacement ratio. At the lowest substitution level (2.5%), the 28-day value increased slightly to 2.37%, indicating that the effect of AAC on the pore structure is still limited at low dosages. However, as the replacement ratio increased, a more pronounced increase in water absorption was observed, reaching 3.89% at the highest level (12.5%).

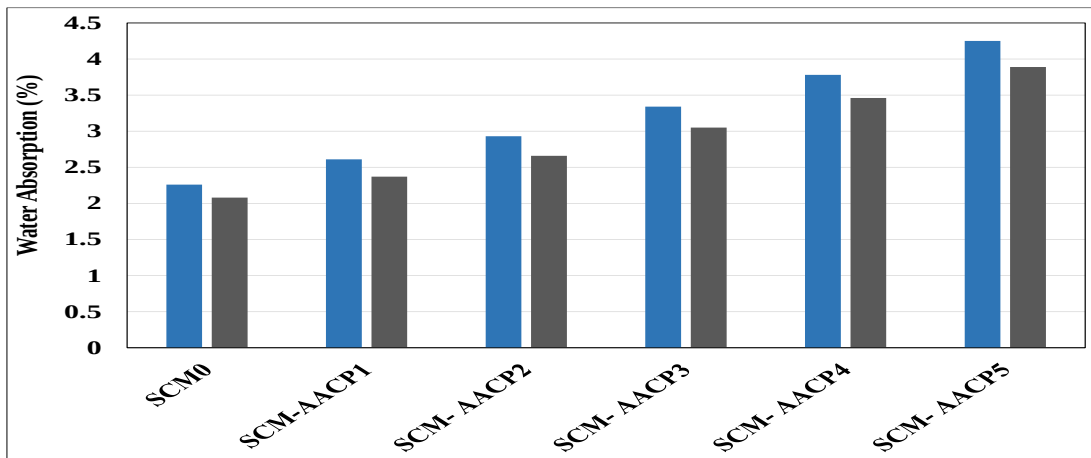


Figure 14. AACP substituted mixes water absorption test results

This behavior is mainly related to the highly porous nature of AAC particles. AAC materials inherently contain a network of interconnected pores, which improves thermal insulation but increases water uptake when incorporated into mortar systems. As these particles replace cement, they introduce additional voids into the matrix, leading to higher absorption values.

Despite this increase, the overall mechanical performance of AAC mixtures remained acceptable, indicating that the pore-forming effect does not completely dominate the system. The fine particle size of AAC powder also contributes to a partial filler effect, which helps limit excessive deterioration of the microstructure at lower replacement levels.

When evaluated together with mechanical results, a consistent trend is observed: increasing AAC content leads to higher water absorption and slightly reduced strength. However, the rate of change remains gradual rather than abrupt, suggesting that the system maintains a relatively stable internal structure.

Overall, AAC powder can be considered suitable for limited use in cement-based mortars, particularly in the 2.5–5% range, where increases in water absorption remain controlled.

3.4.2. PBP Substituted Mixtures Water Absorption Results and Discussion

In pumice-containing mixtures, water absorption behavior showed a more stable trend compared to AAC mixtures. The reference mixture recorded 2.26% at 7 days and 2.08% at 28 days, reflecting continued densification of the cement matrix over time (**Figure 15**).

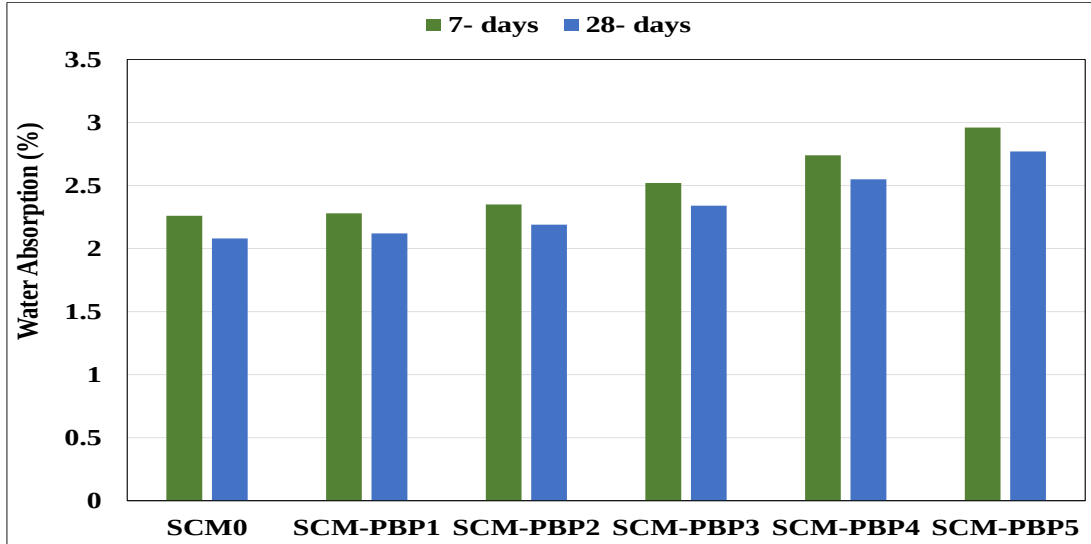


Figure 15. PBP substituted mixes water absorption test results

At low pumice replacement levels (2.5% and 5%), water absorption values remained very close to the reference mixture, with 28-day values of 2.12% and 2.19%, respectively. These results suggest that finely ground pumice does not significantly disrupt the pore structure of the mortar. On the contrary, its fine particles appear to contribute to void filling, resulting in a more uniform internal structure.

At higher replacement levels, a gradual increase in water absorption was observed. The values increased to 2.34% at 7.5%, 2.55% at 10%, and 2.77% at 12.5%. Although an increasing trend is evident, the magnitude of change remains relatively limited compared to AAC mixtures.

This performance can be attributed to the dual role of pumice. In addition to its filler effect due to fine particle size, pumice also exhibits a mild pozzolanic behavior, which contributes to long-term densification of the matrix. This helps maintain a more compact structure even at higher replacement levels.

When compared with AAC mixtures, pumice-based mortars consistently showed lower water absorption values at equivalent replacement ratios. This indicates a more stable and less porous microstructure development.

Overall, pumice powder demonstrates a controlled influence on water absorption behavior and maintains acceptable durability performance even at higher replacement ratios.

3.4.3. Comparative Evaluation of AACP and PBP Mixtures Results and Discussion

A comparison between AAC and pumice powder mixtures clearly shows differences in their influence on water absorption behavior.

Although both materials increase water absorption as replacement ratio increases, the magnitude of this increase is significantly higher in AAC mixtures. At the highest replacement level (12.5%), water absorption reached 3.89% in AAC mixtures, while it remained at 2.77% in pumice mixtures. This difference highlights the contrasting internal structures of the two materials.

AAC waste has a highly porous structure formed during its production process. While this structure is beneficial for lightweight and thermal insulation applications, it leads to increased permeability when incorporated into cementitious systems. As a result, AAC contributes to higher water absorption levels in mortar.

In contrast, pumice powder, when finely ground, behaves differently. Although it is also a porous volcanic material, its fine particle size allows it to act as a filler within the cement matrix, partially compensating for pore formation. In addition, its pozzolanic nature contributes to gradual densification of the structure over time.

When evaluated together with mechanical properties, a consistent relationship is observed. Mixtures with higher water absorption generally exhibited lower compressive and flexural strengths, particularly in AAC-based systems. Pumice mixtures, on the other hand, maintained a more balanced relationship between strength and durability.

Overall, pumice block powder demonstrates a more stable performance in terms of water absorption and microstructural development. AAC powder, while still usable, leads to a more pronounced increase in porosity, especially at higher replacement levels.

From a practical standpoint, both materials contribute to the production of sustainable mortar by reducing the use of cement and utilizing materials that can be prepared in advance. However, pumice blocks offer a more balanced and advantageous performance in terms of durability and mechanical properties.

4. CONCLUSION

In this study, the mechanical and physical properties of self-compacting mortars were investigated under laboratory conditions by partially replacing a portion of the cement with finely ground AACP and PBP materials. The materials were procured as ready-made products, ground in the laboratory, and used as cement substitutes in specific proportions. The flexural strength, compressive strength, and water absorption properties of the mortars produced in this study were evaluated at 7- and 28-day curing periods. The performance of the mixtures was evaluated in terms of flexural strength, compressive strength, and water absorption, and compared with a reference mortar.

- The results showed that both AAC and pumice powders can be utilized as cement substitutes within certain replacement limits; however, their influence on mortar performance differs significantly. This difference becomes more evident when mechanical and durability-related properties are considered together.
- In AAC-containing mixtures, a continuous decrease in flexural and compressive strength was observed with increasing replacement ratio. In parallel, water absorption values increased gradually. This behavior is mainly associated with the highly porous structure of AAC material, which is largely formed during its original manufacturing process. As a result, the contribution of AAC powder in the cementitious matrix is mainly physical, dominated by a filler effect rather than chemical reactivity.
- In contrast, pumice powder demonstrated a more stable performance. At low replacement levels (2.5% and 5%), both flexural and compressive strengths were comparable to or slightly higher than those of the reference mixture, while water absorption values remained low and stable. This behavior can be attributed to the fine particle size and partial pozzolanic activity of pumice, which contributes to matrix densification and improved internal structure.
- As the replacement ratio increased, performance reductions were observed in both material systems. However, these reductions were significantly less pronounced in pumice-based mixtures compared to AAC-based ones. This indicates that pumice provides a more favorable balance between mechanical performance and durability characteristics.

- Water absorption results further supported these findings. AAC mixtures exhibited higher permeability due to their inherent porous structure, whereas pumice mixtures showed a more controlled increase in absorption, suggesting a denser microstructural development.
- When all results are evaluated together, it can be concluded that both materials are suitable for use as partial cement substitutes; however, the most effective performance is achieved at low replacement ratios. In particular, the 2.5%–5% range was identified as the optimum interval in terms of both mechanical strength and durability performance.
- The study also highlights the potential of reusing large volumes of construction and demolition waste generated after earthquakes. Rather than being treated solely as waste, these materials can be valorized after appropriate processing and incorporated into sustainable construction materials. This approach contributes directly to environmental sustainability and circular economy principles.
- Overall, pumice powder demonstrated superior performance compared to AAC powder in both mechanical and physical properties. Nevertheless, both materials showed potential for partial cement replacement, offering a viable route for sustainable mortar production and waste recycling in construction applications.

REFERENCES

- Abhilasha, Kumar, R., Lakhani, R., Mishra, R. K., & Khan, S. (2023). Utilization of Solid Waste in the Production of Autoclaved Aerated Concrete and Their Effects on its Physio-mechanical and Microstructural Properties: Alternative Sources, Characterization, and Performance Insights. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 17(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40069-022-00569-x>
- Adediran, A., Asaam, N., Manso-Morato, J., & Perumal, P. (2026). Low-Carbon Composite Cement Mortar Incorporating Local Raw Materials as SCMs: Performance and Life Cycle Analysis. *Journal of the American Ceramic Society*, 109(4). <https://doi.org/10.1111/jace.70717>
- He, X., Zheng, Z., Yang, J., Su, Y., Wang, T., & Strnadel, B. (2020). Feasibility of incorporating autoclaved aerated concrete waste for cement replacement in sustainable building materials. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119455>
- K, S., & Das, B. (2022). Pozzolanic reactivity and drying shrinkage characteristics of optimized blended cementitious composites comprising of Nano-Silica particles. *Construction and Building Materials*, 316, 125796. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125796>
- Kabay, N., Miyan, N., & Özkan, H. (2021). Utilization of pumice powder and glass microspheres in cement mortar using paste replacement methodology. *Construction and Building Materials*, 282, 122691. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122691>
- Karataş, M., Benli, A., & Ergin, A. (2017). Influence of ground pumice powder on the mechanical properties and durability of self-compacting mortars. *Construction and Building Materials*, 150, 467–479. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.220>
- Moolchandani, K., Sharma, A., & Dharavath, K. (2025). Hybrid use of supplementary cementitious materials, industrial byproducts, and fillers for sustainable high-performance concrete. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 212. <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00379-6>
- Oyejobi, D. O., Firoozi, A. A., Fernández, D. B., & Avudaiappan, S. (2024). Integrating circular economy principles into concrete technology: Enhancing sustainability through industrial waste utilization. *Results in Engineering*, 24, 102846. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102846>

- Panda, S., Pradhan, M., & Panigrahi, S. K. (2025). Sustainable development of ternary binder-based mortar using OPC, GGBFS, and Coal Bottom Ash. *Construction and Building Materials*, 496, 143862. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143862>
- Rahman, F., Adil, W., Raheel, M., Saberian, M., Li, J., & Maqsood, T. (2022). Experimental investigation of high replacement of cement by pumice in cement mortar: A mechanical, durability and microstructural study. *Journal of Building Engineering*, 49, 104037. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104037>
- Zhang, H., Zhang, C., He, B., Yi, S., & Tang, L. (2023). Recycling fine powder collected from construction and demolition wastes as partial alternatives to cement: A comprehensive analysis on effects, mechanism, cost and CO2 emission. *Journal of Building Engineering*, 71, 106507. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106507>
- Zhao, Z., Grellier, A., El Karim Bouarroudj, M., Michel, F., Bulteel, D., & Courard, L. (2021). Substitution of limestone filler by waste brick powder in self-compacting mortars: Properties and durability. *Journal of Building Engineering*, 43, 102898. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102898>
- Zou, D., Que, Z., Cui, W., Wang, X., Guo, Y., & Zhang, S. (2022). Feasibility of recycling autoclaved aerated concrete waste for partial sand replacement in mortar. *Journal of Building Engineering*, 52, 104481. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104481>

EFFECT OF WASTE BRICK AND CERAMIC POWDERS ON THE MECHANICAL, WORKABILITY, AND WATER ABSORPTION PROPERTIES OF CEMENT-BASED MIXTURES

Araştırmacı Mehmet EREZ 1/ Doç. Dr. Osman HANSU 2 / Prof. Dr. Nildem TAYŞI 3

1 Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği, m.erez87@ gmail.com,
<https://orcid.org/0009-0008-7780-744X>

2 Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği,
osman.hansu@gibtu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1638-4304>

3 Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği, taysi@gantep.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-0947-5662>

Abstract

The recycling of waste materials has become an important strategy for reducing environmental impacts, conserving natural resources, and supporting sustainable construction. This study experimentally investigates the use of recycled brick waste powder (BWP) and recycled ceramic waste powder (CWP) as partial cement replacement materials in cement-based mixtures. The brick and ceramic wastes were processed using the Los Angeles abrasion test, and fine fractions passing a 0.125 mm sieve were obtained. Mortar specimens were prepared by replacing CEM II/A-LL 42.5 R cement at different ratios and cured for 7 and 28 days. Workability was assessed using the mini slump-flow test, while compressive strength, flexural strength, and water absorption tests were conducted to evaluate mechanical and durability properties. The results showed that increasing the waste powder replacement ratio reduced the workability of the mixtures, requiring higher dosages of superplasticizer to achieve the target slump-flow range. After optimizing the admixture content, all successful mixtures satisfied the EFNARC workability criteria. Furthermore, increasing waste powder content increased water absorption. In terms of mechanical performance, mixtures containing brick waste powder exhibited lower strength losses compared to those with ceramic waste powder, especially at low replacement ratios. Overall, the findings indicate that brick and ceramic waste powders can be used as partial cement replacements in cement-based mixtures; however, low replacement ratios are recommended to minimize performance loss.

Keywords: Construction and demolition waste, brick waste powder, ceramic waste powder, sustainable mortar, cement replacement.

ATIK TUĞLA VE SERAMİK TOZLARININ ÇİMENTO ESASLI KARIŞIMLARDA MEKANİK DAYANIM, İŞLENEBİLİRLİK VE SU EMME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**Araştırmacı Mehmet EREZ 1/ Doç. Dr. Osman HANSU 2 / Prof. Dr. Nildem TAYŞİ 3****1 Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği, m.erez87@ gmail.com,
<https://orcid.org/0009-0008-7780-744X>****2 Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği,
osman.hansu@gibtu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1638-4304>****3 Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep / Türkiye, Yapı Mekaniği, taysi@gantep.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-0947-5662>****Özet**

Atık malzemelerin geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması, çevresel etkilerin azaltılması, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir yapı üretiminin desteklenmesi açısından önemli bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu çalışma, geri dönüştürülmüş tuğla ve seramik atığı tozlarının (BWP ve CWP), çimento esaslı karışımlarda kısmi çimento ikame malzemesi olarak kullanımını deneysel olarak araştırmaktadır. Tuğla ve seramik atıkları Los Angeles aşınma deneyine tabi tutulmuş, 0,125 mm elekten geçen ince fraksiyonlar elde edilmiştir. Bu malzemeler, CEM II/A-LL 42,5 R çimentosu yerine farklı oranlarda kullanılarak harç numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler 7 ve 28 gün kür edilmiştir. İşlenebilirlik mini çökme-yayılma deneyi ile belirlenmiş; basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve su emme deneyleri ile mekanik ve dayanıklılık özellikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, atık tozu ikame oranlarının artmasıyla karışımların işlenebilirliğinin azaldığını ve hedef mini çökme-yayılma değerine ulaşabilmek için daha yüksek miktarda süperakışkanlaştırıcı kullanımının gerekli olduğunu göstermiştir. Süperakışkanlaştırıcı dozajının optimize edilmesiyle birlikte, tüm başarılı karışımlar EFNARC tarafından önerilen işlenebilirlik kriterlerini sağlamıştır. Ayrıca, atık tozu ikame oranının artması su emme değerlerinde de artışa neden olmuştur. Mekanik performans açısından, tuğla atık tozu içeren karışımların, özellikle düşük ikame oranlarında, seramik atık tozu içeren karışımlara kıyasla daha sınırlı dayanım kayıpları sergilediği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, tuğla ve seramik atığı tozlarının çimento esaslı karışımlarda kısmi çimento ikame malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, performans kayıplarını sınırlandırmak amacıyla düşük ikame oranlarının tercih edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat ve yıkıntı atıkları, tuğla atık tozu, seramik atık tozu, sürdürülebilir harç, çimento ikamesi.

1. INTRODUCTION

The continuous growth of the global population and the rapid expansion of construction activities have led to a significant increase in construction and demolition waste (CDW) worldwide [1]. The escalating environmental impacts associated with CDW emphasize the urgent need to protect natural resources and promote circular economy principles within the built environment. Consequently, recycling has emerged as a cornerstone of sustainable waste management systems, offering substantial benefits in terms of economic efficiency and environmental preservation [2, 3]. Following global benchmarks like the World Commission on Environment and Development report [4], many nations have enacted legal frameworks to integrate sustainability into the construction sector. In Türkiye, regulatory measures such as the Regulation on the Control of Excavation Soil, Construction and Demolition Waste and the Waste Management Regulation have been implemented [5, 6]. Despite these legal initiatives, however, recycling practices in the construction sector have not yet reached the desired efficiency and widespread adoption [1]. Uncontrolled urban transformation, infrastructure renewal, and large-scale natural disasters accelerate unsustainable waste generation [7]. Traditional disposal methods—encompassing collection, transport, and landfilling—demand heavy economic and ecological resources. Moreover, the intensive extraction of natural aggregates for concrete production results in land degradation, high energy consumption, and elevated carbon emissions [8]. Utilizing alternative cementitious or fine materials derived from processed CDW, such as recycled brick and ceramic wastes, offers a viable pathway to mitigate these impacts, lower landfill burdens, and decrease reliance on non-renewable raw materials [8].

The critical role of disaster waste management was starkly highlighted by the devastating earthquakes of February 6, 2023, in Türkiye. These seismic events caused catastrophic structural damage across 11 provinces, particularly in Kahramanmaraş and Hatay, completely destroying approximately 35,355 buildings (around 96,100 housing units). Accounting for heavily damaged structures requiring urgent demolition, the total volume of generated CDW is estimated between 100 and 120 million cubic meters [9]. Effectively managing and valorizing such unprecedented waste volumes requires comprehensive logistics, localized recycling infrastructure, and sustainable resource-recovery strategies [10, 11, 12]. This disaster underscores the necessity of proactive waste management frameworks for other high-seismic risk regions. For instance, the "Project for Updating Earthquake Loss Estimation for Istanbul Province" conducted by Boğaziçi University Kandilli Observatory estimated that a potential Mw 7.5 earthquake in Istanbul could generate approximately 25 million tons of structural waste [13]. Reconstruction efforts following such large-scale disasters drastically spike the demand for cement and aggregates, threatening resource sustainability [14, 15]. Integrating recycled CDW components into new cementitious mixtures provides a scalable solution to reduce the environmental footprint of post-disaster reconstruction [14, 16]. The intensive production of conventional Portland cement contributes significantly to global carbon emissions and depletes non-renewable limestone reserves, driving the search for sustainable alternative binders [17]. Addressing this challenge, this study investigates the potential utilization of recycled brick waste powder (BWP) and ceramic waste powder (CWP) as partial cement replacements in mortar production. This approach aims to reduce dependence on conventional clinker while promoting circular economy frameworks within the concrete industry [18, 19]. In the experimental phase, brick and ceramic wastes were processed using the Los Angeles abrasion test and sieved to obtain fine particles passing a 0.125 mm mesh. These powders were utilized to partially replace CEM II/A-LL 42.5 R cement at predetermined replacement ratios. Prismatic (4 x 4 x 16 cm) and cubic (7.1 x 7.1 x 7.1 cm) mortar specimens were cast and cured in water for 7 and 28 days. The effects of BWP and CWP replacement ratios on the workability, compressive strength, flexural strength, and water absorption properties of the mortars were systematically evaluated and compared against control specimens to determine their viability as sustainable cementitious replacements.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

In this study, CEM II/A-LL 42.5 R Portland Limestone Cement (Çimsa, Türkiye) was utilized as the primary binder material, complying with the composition and performance requirements of TS EN 197-1. This specific cement type was selected due to its high early strength, long-term mechanical performance, and suitability for diverse environmental conditions [20]. A commercially available polycarboxylate-based high-range water-reducing superplasticizer (Sika ViscoCrete®-5857 Hi-Tech) was incorporated to optimize the workability of the mortar mixtures at low water-to-binder ratios. This chloride-free admixture facilitates the dispersion of cement particles, leading to a denser microstructure and enhanced mechanical properties [21]. Crushed sand with a particle size range of 0–4 mm was employed as the fine aggregate. The aggregate was sourced from crushed rock quarries and processed to ensure a proper particle size distribution for minimizing void ratios and maintaining adequate workability in the cementitious mixtures. Recycled brick and ceramic wastes obtained from construction and demolition waste streams served as the precursor materials for producing Brick Waste Powder (BWP) and Ceramic Waste Powder (CWP).

2.2. Methods

To transform the bulk brick and ceramic wastes into alternative supplementary cementitious materials, a controlled mechanical reduction process was implemented. The waste materials were subjected to mechanical processing in a Los Angeles abrasion machine in accordance with ASTM C131 and AASHTO T96 standards. While this equipment is conventionally specified to determine the aggregate abrasion resistance, it was utilized here as a controlled milling mechanism to generate fine particles. Following the mechanical processing, the crushed materials were passed through a 0.125 mm sieve. The fine fraction passing through the sieve was collected as the final BWP and CWP products to be used as partial replacements for cement.

2.2.1. Preparation of Mix Designs

In this study, the cement-based mixtures listed in Tables 1 and 2 were prepared according to the designated mix proportions.

Table 1 Table of mix quantities for brick waste powder (BWP) mixtures

MIX-ID	CEMENT T (gr)	BRICK DUST (gr)	HRWR (Superplasticizer) (gr)	WATER (gr)	AGGREGATE (gr)
CONTROL	4800	0	82	2000	12112
BWP 1	4680	120	82	2000	12112
BWP 2	4560	240	82	2000	12112
BWP 3	4440	360	82	2000	12112
BWP 4	4320	480	82	2000	12112
BWP 5	4200	600	82	2000	12112

Table 2 Table of mix quantities for ceramic waste powder (CWP) mixtures

MIX-ID	CEMENT (gr)	SERAMIC DUST (gr)	HRWR (Superplasticizer) (gr)	WATER (gr)	AGGREGATE (gr)
CONTROL	4800	0	82	2000	12112
CWP 1	4680	120	82	2000	12112
CWP 2	4560	240	82	2000	12112
CWP 3	4440	360	82	2000	12112
CWP 4	4320	480	82	2000	12112
CWP 5	4200	600	82	2000	12112

2.2.2 Mixing Procedure

The preparation of the mortar mixtures was carried out using a laboratory-scale drum mixer. Prior to the introduction of liquids, all dry ingredients (cement, aggregate, and alternative waste powders) were dry-mixed for 2 min to ensure uniformity. Subsequently, 50% of the total mixing water was added, and the mixing process was continued for an additional 2 min. In accordance with the manufacturer's technical data sheet [21], the polycarboxylate-based superplasticizer was pre-mixed with the remaining 50% of the water. After 1 min of further mixing, the operation was briefly paused to scrape the inner surfaces and bottom of the mixer bowl with a trowel, ensuring homogeneity and preventing dead zones. Finally, the remaining water-superplasticizer solution was introduced, and the final mixing phase was executed for 3 min. Immediately following completion, the fresh mortar was extracted for workability testing.

2.2.3 Workability and Mini Slump-Flow Testing

The fresh-state workability and deformability of the mixtures were determined via the mini slump-flow test conforming to EFNARC guidelines [22]. The testing apparatus consisted of a conventional mini-cone with a base diameter of 100 mm, a top diameter of 70 mm, and a height of 60 mm. The fresh mortar was cast into the cone in three equal layers, with light tamping applied to each layer to eliminate entrapment voids. The cone was then lifted vertically in a continuous, unhindered motion, allowing the mortar to flow freely under its own weight without external vibration a principle aligned with the self-compacting concrete (SCC) criteria established by Okamura and Ouchi [23]. Once the flow ceased, the spread diameter was measured across two perpendicular axes, and the arithmetic mean was recorded. To maintain standard self-compacting behavior, a target slump-flow diameter range of 240-260 mm was mandated [22]. Consequently, trial mixtures that failed to meet the minimum 240 mm slump-flow threshold due to high BWP and CWP replacement ratios were excluded from subsequent mechanical and physical testing phases.

Accordingly, the initial superplasticizer dosage was fixed at 84g and sequentially adjusted in increments of 0.5g during the trial mixes. Upon satisfying the target slump-flow diameter range of 240-260 mm, the final superplasticizer dosages were recorded to establish the optimized mixture proportions. The definitive mix designs for the modified mortars are detailed in Table 3 and Table 4.

Table 3 New mixture quantities table for brick waste powder (BWP) mixtures

MIX-ID	CEMENT (gr)	BRICK DUST (gr)	HRWR (gr)	WATER (gr)	AGGREGATE (gr)
CONTROL	4800	0	82	2000	12112
BWP 1	4680	120	82	2000	12112
BWP 2	4560	240	82	2000	12112
NEW-BWP 3	4440	360	83	2000	12112
NEW-BWP 4	4320	480	83,5	2000	12112
NEW-BWP 5	4200	600	84	2000	12112

Table 4 New mixture quantities table for ceramic waste powder (CWP) mixtures

MIX-ID	CEMENT (gr)	SERAMIC DUST (gr)	HRWR (gr)	WATER (gr)	AGGREGATE (gr)
CONTROL	4800	0	82	2000	12112
CWP 1	4680	120	82	2000	12112
CWP 2	4560	240	82	2000	12112
NEW-CWP 3	4440	360	83	2000	12112
NEW-CWP 4	4320	480	83,5	2000	12112
NEW-CWP 5	4200	600	84	2000	12112

İkot et al. and My Ngoc-Tra Lam et al. also observed that increasing the amounts of BWP and CWP used as cement replacements results in a decrease in the workability of the mixtures [24], [25]. The mixtures obtained after adjusting the superplasticizer dosage were subjected to the mini slump-flow test, and the corresponding results are presented in Figure 1.



Figure 1 Mini slump-flow test results

Following the fresh-state testing, the mixtures that satisfied the target workability criteria were cast into the designated molds. The specimens were retained in their molds for 24 hours to ensure initial setting and stabilization. Subsequently, the specimens were demolded and submerged in a water curing tank until reaching the testing ages of 7 and 28 days for the evaluation of their compressive strength, flexural strength, and water absorption properties. Testing performed on the hardened mortar specimens provides essential data regarding the mechanical and physical performance of the modified cementitious mixtures. In this study, compressive strength, flexural strength, and water absorption characteristics were evaluated following 7 and 28 days of water curing. The compressive and flexural strength evaluations were conducted using the 4x4x16 cm prismatic specimens, whereas the physical water absorption tests were carried out on the 7.1x7.1x7.1cm cubic specimens.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 General

This section presents a comprehensive evaluation of the experimental findings obtained from the mortar mixtures incorporating brick waste powder (BWP) and ceramic waste powder (CWP) as partial cement replacements. The fresh-state workability, hardened mechanical properties (compressive and flexural strengths), and physical water absorption behavior of the modified specimens were systematically compared against the control mixture. By evaluating these parameters collectively, the influence of varying replacement ratios on the overall performance and sustainability potential of the cementitious mixtures was thoroughly analyzed.

3.2 Workability Performance

The fresh-state workability of all mortar mixtures was evaluated via the mini slump-flow test based on the EFNARC guidelines, targeting a slump-flow diameter range of 240-260 mm. A progressive decline in workability was observed with increasing replacement ratios of both BWP and CWP. This reduction is primarily attributed to the finer particle size distribution and higher specific surface area of the waste powders compared to conventional cement, which subsequently increased the water demand and internal friction within the fresh mixtures. To counteract this loss of workability and satisfy the EFNARC criteria without altering the designated water-to-binder ratios, the dosage of the polycarboxylate-based superplasticizer was incrementally adjusted in steps of 0.5g. The mixtures optimized through this methodology were designated with the prefix "NEW" (i.e., NEW-BWP3, NEW-BWP4, NEW-BWP5, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5) to differentiate them

from the initial trial batches. Following the optimization of the chemical admixture dosage, all definitive mixtures successfully met the target slump-flow criteria and were cleared for hardened property testing.

3.3 Compressive Strength

Compressive strength evaluations were executed at 7 and 28 days of water curing to assess the early-age and long-term mechanical performance of the BWP- and CWP-modified mortars. Testing was conducted in accordance with ASTM C349 standards, and the definitive mixture designations along with their respective replacement ratios are compiled in Table 3 and Table 4.

3.3.1 Compressive Strength of BWP Specimens

Figure 2 presents the 7- and 28-day compressive strength results of the BWP specimens in graphical form.

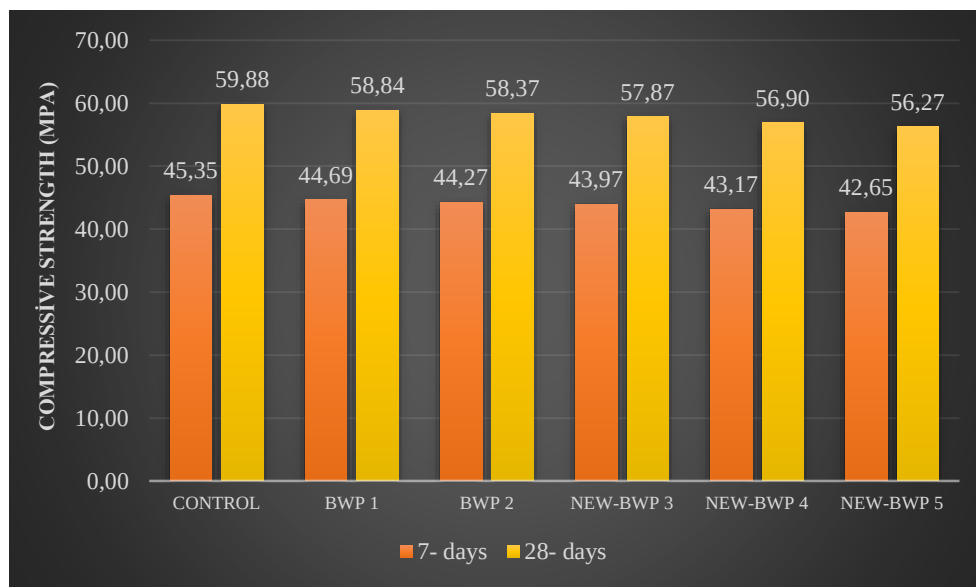


Figure 1 Compressive strength values of BWP specimens

As can be seen, the compressive strength values of the BWP1 and BWP2 specimens used as cement replacements exhibited only a slight decrease compared to the control specimen and showed a similar overall trend. However, with increasing replacement ratio, the reduction in compressive strength became more pronounced. Compared to the control specimen, the 7-day results showed reductions of 1.46%, 2.37%, 3.02%, 4.81%, and 5.94% for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5, respectively. Similarly, in the 28-day compressive strength results compared to the control specimen, reductions of 1.73%, 2.51%, 3.35%, 4.97%, and 6.02% were observed for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5, respectively.

3.3.2 Compressive Strength of CWP Specimens

Figure 3 presents the 7- and 28-day compressive strength results of the CWP specimens in graphical form.

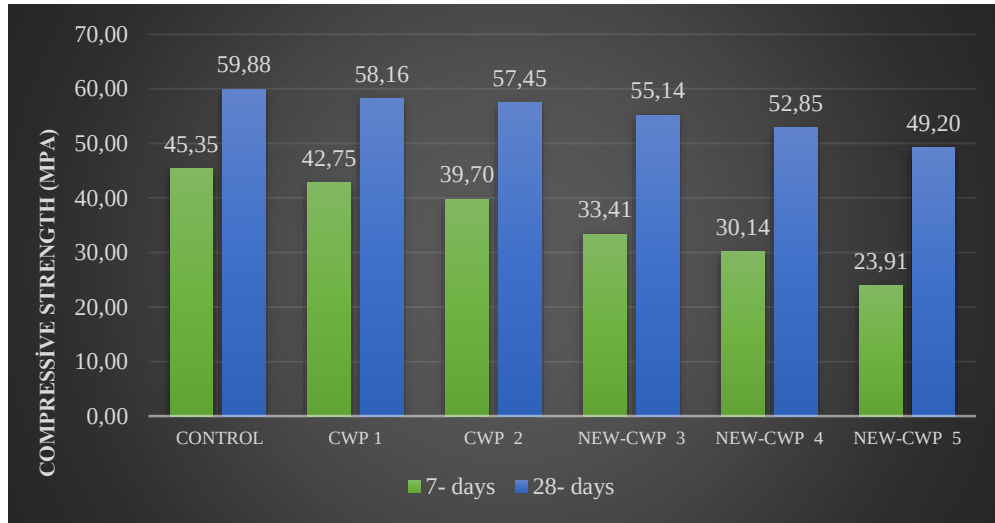


Figure 3 Compressive strength values of CWP specimens

According to Figure 3, an examination of the 7-day compressive strength results indicates reductions of 5.73%, 12.46%, 26.33%, 33.54%, and 47.27% for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5, respectively, compared to the control specimen. Based on the 7-day test results, significant decreases were observed in the CWP specimens as the cement replacement ratio increased. The 28-day compressive strength results also showed reductions as the amount of CWP partially replacing cement increased compared to the control specimen. These reductions were determined to be 2.86%, 4.05%, 7.46%, 11.73%, and 17.83% for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5, respectively.

3.4 Flexural Strength

After 7-day and 28-day curing periods, flexural strength tests were carried out separately on the control specimen, BWP, and CWP specimens cast according to the names and replacement ratios given in Table 3 and Table 4, in accordance with ASTM C348 standards.

3.4.1 Flexural Strength of BWP Specimens

Figure 4 graphically presents the flexural strength results of the specimens incorporating BWP as a partial cement replacement, together with the control specimen used for comparison.

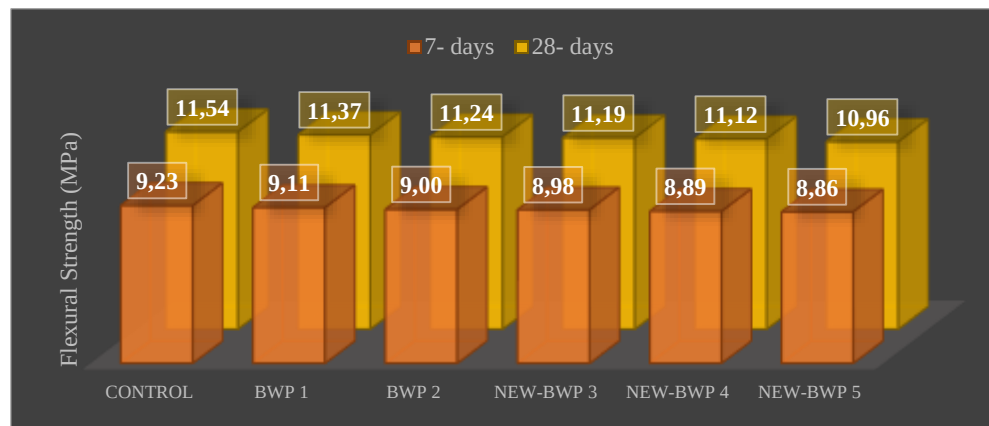


Figure 4 Flexural strength values of BWP specimens

Based on comparisons made using the control specimen as a reference, the 7-day results showed reductions of 1.30%, 2.49%, 2.71%, 3.68%, and 5.09% for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5, respectively. Additionally, according to Figure 5, the 28-day flexural strength results showed reductions of 1.47%, 2.60%, 3.03%, 3.64%, and 5.02% for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5, respectively, when compared to the control specimen.

3.4.2 Flexural Strength of CWP Specimens

Figure 5 presents and separately evaluates the 7- and 28-day flexural strength results of the specimens containing waste CWP in graphical form.

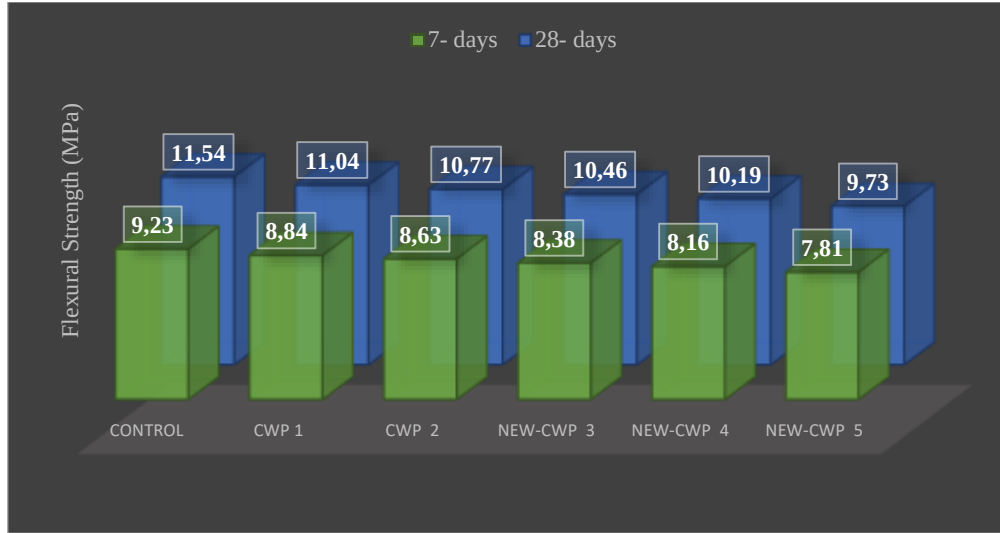


Figure 5 Flexural strength values of CWP specimens

When the 7-day and 28-day flexural strength results of the CWP specimens were compared with the control specimen, it was observed that gradual decreases occurred. Compared to the control specimen, the 7-day flexural strength results showed reductions of 4.22%, 6.50%, 9.20%, 11.59%, and 15.38% for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5, respectively. Similarly, when the 28-day flexural strength results were compared with the control specimen, reductions of 4.31%, 6.61%, 9.32%, 11.70%, and 15.60% were observed for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5, respectively.

3.5 Water Absorption

The water absorption test is based on determining the rise of water within the specimen over time as a result of capillary action, following contact between the base surface of the specimen and water. Cube specimens with dimensions of $7.1 \times 7.1 \times 7.1$ cm were removed from the curing water after 7 and 28 days, surface-dried, and weighed using an Archimedes balance and a precision balance. The specimens were then oven-dried at 110°C for 24 hours. After drying, they were reweighed, their edges were sealed with silicone, and successive weight measurements were taken after 5, 10, 30, 60, 240, and 1440 minutes to determine the water absorption values.

3.5.1 Water Absorption Test of BWP Specimens

Figure 6 shows the results of the 7-day and 28-day water absorption tests of the BWP specimens. The results indicate that, compared to the control specimen, the water absorption values increased as the amount of BWP used as a cement replacement increased.

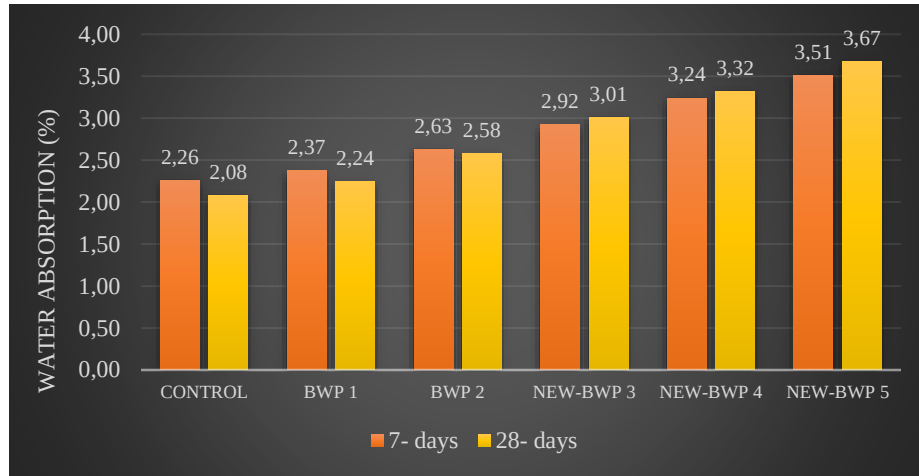


Figure 6 Water absorption tests of the BWP specimens

When the 7-day results were examined, an increase of 2.26% was observed in the control specimen. Similarly, the increase rates for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5 were determined as 2.37%, 2.63%, 2.92%, 3.24%, and 3.51%, respectively. A similar trend was also observed in the 28-day results; while an increase of 2.08% was recorded for the control specimen, increases of 2.24%, 2.58%, 3.01%, 3.32%, and 3.67% were observed for BWP1, BWP2, NEW-BWP3, NEW-BWP4, and NEW-BWP5, respectively.

3.5.2 Water Absorption Test of CWP Specimens

The 7-day and 28-day water absorption test results of the CWP specimens are shown in Figure 7. When the experimental results are compared with the control specimen, it is observed that the water absorption values increased as the amount of CWP used as a cement replacement increased.

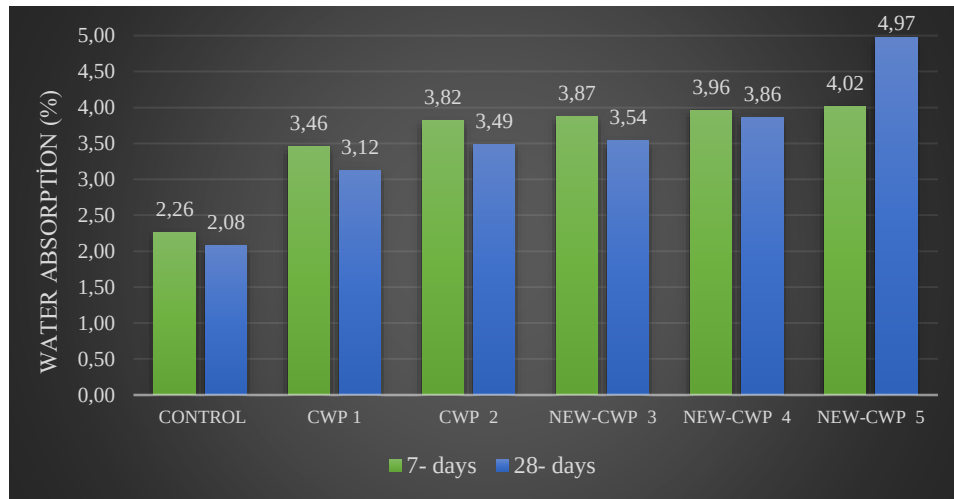


Figure 7 Water absorption tests of the CWP specimens

When the 7-day water absorption results were examined, an increase of 2.26% was observed in the control specimen. Similarly, the increase rates for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5 were determined as 3.46%, 3.82%, 3.87%, 3.96%, and 4.02%, respectively. A similar trend was also observed in the 28-day results; while an increase of 2.08% was recorded for the control specimen, increases of 3.12%, 3.49%, 3.54%, 3.86%, and 4.97% were observed for CWP1, CWP2, NEW-CWP3, NEW-CWP4, and NEW-CWP5, respectively.

4. CONCLUSION

This thesis experimentally investigated the feasibility of utilizing brick waste powder (BWP) and ceramic waste powder (CWP), obtained from construction and demolition waste, as partial cement replacement materials for the production of cement-based mixtures. The incorporation of brick waste powder and ceramic waste powder reduced the workability of the cement-based mixtures, thereby requiring increased dosages of superplasticizer to satisfy the target slump-flow range. Nevertheless, by optimizing the admixture content, all successful mixtures were able to satisfy the EFNARC workability criteria. Mechanical performance evaluation revealed a gradual reduction in both compressive and flexural strength with increasing replacement ratios for both waste materials. Brick waste powder mixtures exhibited smaller strength losses compared to ceramic waste powder mixtures. At low replacement levels, particularly in mixtures containing brick waste powder, the mechanical properties of the cement-based mixtures remained within acceptable limits.

Water absorption test results indicated an increase in water absorption with increasing waste powder content. Ceramic waste powder mixtures showed higher water absorption values than brick waste powder mixtures, suggesting a more permeable microstructure and potential durability concerns at higher replacement ratios.

Overall, the experimental findings demonstrate that both BWP and CWP have the potential to be utilized as alternative cement replacement materials in the production of cement-based mixtures, while contributing to waste recycling, the conservation of natural resources, and the promotion of sustainable construction. However, the replacement ratio should be carefully selected to maintain an appropriate balance between sustainability and engineering performance. Based on the results obtained in this study, BWP exhibited superior overall performance and appears to be a more suitable and practical cement replacement material, particularly at low replacement levels.

REFERENCES

- [1] C. Buzkan ve O. Erman, “Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Sorunu ve Türkiye’deki Durumun Mevzuat Bakımından Değerlendirilmesi”, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, c. 6, sy 1, ss. 76-89, Oca. 2020, doi: 10.21324/dacd.570141.
- [2] V. W. Y. Tam, “On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction”, Waste Management, c. 28, sy 6, ss. 1072-1080, Oca. 2008, doi: 10.1016/j.wasman.2007.04.007.
- [3] European Environment Agency, Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy, Briefing no. 14/2019, 2020.
- [4] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, United Nations, 1987.
- [5] T.C. Resmî Gazete, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, no. 25406, 18 Mar. 2004.
- [6] T.C. Resmî Gazete, Atık Yönetimi Yönetmeliği, no. 29314, 2 Nisan 2015.
- [7] R. V. Silva, J. De Brito, ve R. K. Dhir, “Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review”, Journal of Cleaner Production, c. 143, ss. 598-614, Şub. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.070.
- [8] C.-S. Poon ve D. Chan, “The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong”, Resources, Conservation and Recycling, c. 50, sy 3, ss. 293-305, May. 2007, doi: 10.1016/j.resconrec.2006.06.005.
- [9] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu, Ankara, Mart 2023.

- [10] Á. Lorca, M. Çelik, Ö. Ergun, ve P. Keskinocak, “A Decision-support Tool for Post-disaster Debris Operations”, *Procedia Engineering*, c. 107, ss. 154-167, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.06.069.
- [11] A. Demir ve A. E. Dinçer, “Efficient disaster waste management: identifying suitable temporary sites using an emission-aware approach after the Kahramanmaraş earthquakes”, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, c. 20, sy 12, ss. 13143-13158, Ara. 2023, doi: 10.1007/s13762-023-05123-0.
- [12] European Commission, EU Construction and Demolition Waste Management Protocol, Brussels, 2018.
- [13] Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi, İstanbul.
- [14] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), “Kahramanmaraş Depremi Raporu,” 2 Haziran 2023.
- [15] A. Arulrajah, A. Mohammadinia, I. Phummiphan, S. Horpibulsuk, ve W. Samingthong, “Stabilization of Recycled Demolition Aggregates by Geopolymers comprising Calcium Carbide Residue, Fly Ash and Slag precursors”, *Construction and Building Materials*, c. 114, ss. 864-873, Tem. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.150.
- [16] M. Sandanayake, Y. Bouras, R. Haigh, ve Z. Vrcelj, “Current Sustainable Trends of Using Waste Materials in Concrete—A Decade Review”, *Sustainability*, c. 12, sy 22, s. 9622, Kas. 2020, doi: 10.3390/su12229622.
- [17] N. Mohamad, K. Muthusamy, R. Embong, A. Kusbiantoro, ve M. H. Hashim, “Environmental impact of cement production and Solutions: A review”, *Materials Today: Proceedings*, c. 48, ss. 741-746, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.212.
- [18] Rm. Senthamarai ve P. Devadas Manoharan, “Concrete with ceramic waste aggregate”, *Cement and Concrete Composites*, c. 27, sy 9-10, ss. 910-913, Eki. 2005, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2005.04.003.
- [19] I. F. Sáez Del Bosque, W. Zhu, T. Howind, A. Matías, M. I. Sánchez De Rojas, ve C. Medina, “Properties of interfacial transition zones (ITZs) in concrete containing recycled mixed aggregate”, *Cement and Concrete Composites*, c. 81, ss. 25-34, Ağu. 2017, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2017.04.011.
- [20] Çimko Çimento ve Beton Sanayi Ticaret A.Ş., “Sürdürülebilirlik Raporu 2023,” Gaziantep, Türkiye, 2024.
- [21] Sika Yapı Kimyasalları A.Ş., “Sika® ViscoCrete®-5857 Hi-Tech ürün teknik bilgi föyü,” İstanbul, Türkiye, Tem. 2024, ver. 01.01.
- [22] EFNARC. (2002). Specification and guidelines for self-compacting concrete. European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Construction.
- [23] M. Ouchi, “Self-compactability of fresh concrete”, içinde SCC’2005-China - 1st International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete, Changsha, Hunan, China: RILEM Publications SARL, 2005, ss. 65-73. doi: 10.1617/2912143624.006.
- [24] J. O. Ikotun, P. O. Adedeji, ve A. J. Babafemi, “A Comprehensive Review on the Performance of Low-Carbon Ceramic Waste Powder as Cement Replacement Material in Concrete”, *Applied Sciences*, c. 15, sy 11, s. 6037, May. 2025, doi: 10.3390/app15116037.
- [25] M. N.-T. Lam, D.-T. Nguyen, ve D.-L. Nguyen, “Potential use of clay brick waste powder and ceramic waste aggregate in mortar”, *Construction and Building Materials*, c. 313, s. 125516, Ara. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125516.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU VE MPPT TABANLI FOTOVOLTAİK SİSTEM OPTİMİZASYONU: MATLAB/SIMULINK UYGULAMASI

Tohid İSMAYİLOV

Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği

Çalışma Alanı: Yenilenebilir Enerji Sistemleri ve Optimizasyon

E-posta: tohidismayilov22@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1387-0530>

Özet

Artan enerji talebi, fosil yakıt rezervlerinin azalması, enerji arz güvenliği konusundaki belirsizlikler ve çevresel sorunların giderek büyümesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerji sistemlerine entegrasyonunu stratejik bir gereklilik hâline getirmiştir. Bu çalışmada, fotovoltaik (PV) enerji sistemlerinin MATLAB/Simulink ortamında modellenmesi ve maksimum güç noktası izleme (MPPT) algoritması kullanılarak performansının optimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada geliştirilen MATLAB/Simulink modeli, literatürde önerilen benzer modelleme yaklaşımlarından yararlanılarak oluşturulmuş ve çalışma kapsamındaki ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenerek optimize edilmiştir. Model; fotovoltaik panel, MPPT kontrollü boost dönüştürücü, batarya enerji depolama sistemi, DC-DC dönüştürücü, elektrolizör ve hidrojen depolama ünitesinden oluşan bütünlük bir yapı olarak tasarlanmıştır. Sistem performansı 300, 500, 700 ve 900 W/m² güneş ışınımı seviyeleri ile farklı kolektör alanları altında gerçekleştirilen simülasyonlarla değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, MPPT algoritmasının değişen çevresel koşullarda maksimum güç noktasını başarılı biçimde takip ettiğini, boost dönüştürücünün kararlı DC bara gerilimi sağladığını, batarya ve hidrojen depolama sistemlerinin ise enerji sürekliliğini artırarak güç dalgalanmalarını azalttığını göstermektedir. Ayrıca kolektör alanındaki artışın panel akımı, çıkış gücü, doldurma faktörü ve sistem verimi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Simülasyon bulguları, önerilen modelin yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekelerine güvenilir entegrasyonu, enerji yönetiminin geliştirilmesi ve hibrit enerji depolama uygulamalarının yaygınlaştırılması açısından uygulanabilir ve etkili bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, gelecekte akıllı şebeke uygulamaları ve sürdürülebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilecek kapsamlı bir model önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Fotovoltaik sistem, MPPT, MATLAB/Simulink, Enerji depolama

INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND MPPT-BASED PHOTOVOLTAIC SYSTEM OPTIMIZATION: A MATLAB/SIMULINK APPLICATION

Tohid ISMAYILOV

Karabuk University, Graduate School, Department of Energy Systems Engineering

Research Area: Renewable Energy Systems and Optimization

E-mail: tohidismayilov22@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1387-0530>

Abstract

Increasing energy demand, depletion of fossil fuel reserves, concerns regarding energy security, and growing environmental problems have made the integration of renewable energy resources into electrical power systems increasingly important. This study presents the MATLAB/Simulink modeling and MPPT-based optimization of a photovoltaic energy system. The proposed model was developed by benefiting from similar approaches reported in the literature and optimized according to the objectives of the study. The integrated system consists of a photovoltaic array, an MPPT-controlled boost converter, a DC-DC converter, a battery energy storage system, an electrolyzer, and a hydrogen storage unit. System performance was evaluated under solar irradiance levels of 300, 500, 700, and 900 W/m² together with different collector areas. Simulation results demonstrated successful maximum power point tracking, stable DC bus voltage, improved energy continuity through battery and hydrogen storage, and reduced power fluctuations. Furthermore, increasing the collector area positively affected output current, generated power, fill factor, and overall system efficiency. The findings indicate that the proposed model provides a practical and effective framework for reliable renewable energy integration, improved energy management, hybrid energy storage applications, and future smart-grid based sustainable energy systems.

Keywords: Renewable energy, Photovoltaic system, MPPT, MATLAB/Simulink, Energy storage

SIFIR-ÖRNEKLİ (ZERO-SHOT) GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMADA CLIP MODELLERİNİN SİSTEMATİK DEĞERLENDİRİLMESİ: PROMPT TASARIMI, MODEL ÖLÇEĞİ VE GÜVEN KALİBRASYONU

Arş. Gör., Ahmet GÜRSEL *1 / Akın ÇELEBİ *2 / Prof. Dr., Ali Hakan IŞIK *3

1* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, agursel@mehmetakif.edu.tr, 0009-0000-6620-2471

2* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, 2510101213@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-7688-5082

3* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, ahakan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0003-3561-9375

Özet

Görsel-dil modelleri, etiketli eğitim verisine gereksinim duymadan görüntüleri doğal dilde tanımlanan sınıflara atayabilen sıfır-örnekli (zero-shot) sınıflandırmaya olanak tanımaktadır. Bu yaklaşımın yaygın temsilcisi olan CLIP, uygulamada çoğunlukla tek bir prompt, varsayılan bir model ölçeği ve doğrulanmamış güven skorlarıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, CLIP tabanlı sıfır-örnekli sınıflandırma başarımı üç ekseninde sistematik olarak değerlendirilmiştir: istem (prompt) tasarımı (yalın sınıf adı, tekil şablon, şablon topluluğu), model ölçeği (ViT-B/32, ViT-B/16, ViT-L/14) ve güven kalibrasyonu (temperature scaling). Üç model ve üç prompt stratejisinin CIFAR-100, Oxford-IIIT Pet ve EuroSAT veri setleriyle tam çaprazlanması sonucu oluşan 27 kombinasyon, model ağırlıkları güncellenmeksizin ve yeniden üretilebilir bir protokolle test edilmiştir. Güven kalibrasyonu ise etiketli bir kalibrasyon bölümü üzerinde denetimli, eğitim sonrası (post-hoc) bir düzeltme olarak her kombinasyon için ayrıca analiz edilmiştir. Bulgular, sınıf adının bir bağlam cümlesine yerleştirilmesinin ortalama 6,3 puan doğruluk kazancı sağladığını, şablon topluluğunun ek katkısının ise ortalama 0,5 puanla sınırlı kaldığını göstermektedir. Model ölçeğinin getirisi prompt kalitesine bağlıdır; alan kayması altında şablonsuz kullanımda en büyük model en küçük modelin gerisine düşebilmektedir. Kalibrasyon incelemesinde, 27 kombinasyonun 24'ünde öğrenilen sıcaklık parametresi 1'in altında kalmıştır; bu, sabit 100 logit ölçeği altında softmax güvenlerinin gözlenen doğruluğun sistematik olarak altında seyrettiğini (underconfidence) göstermekte olup ölçek seçimine koşullu bir gözlemdir. Temperature scaling, ortalama beklenen kalibrasyon hatasını 0,095'ten 0,039'a düşürmüştür; ancak başlangıç hatası düşük olan beş kombinasyonda hatayı artırmıştır. Ayrıca sınıf adı kümesi seçiminin doğruluğu tek başına -6,3 ile +9,3 puan arasında değiştirebildiği gözlenmiştir. Çalışma, sıfır-örnekli kullanım için veriye dayalı pratik öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sıfır-örnekli öğrenme, CLIP, prompt tasarımı, güven kalibrasyonu, görüntü sınıflandırma

A SYSTEMATIC EVALUATION OF CLIP MODELS FOR ZERO-SHOT IMAGE CLASSIFICATION: PROMPT DESIGN, MODEL SCALE, AND CONFIDENCE CALIBRATION

Res. Asst. Ahmet GÜRSEL¹ / Akın ÇELEBİ² / Prof. Dr. Ali Hakan IŞIK³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Computer Engineering, agursel@mehmetakif.edu.tr, 0009-0000-6620-2471

²Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Computer Engineering, 2510101213@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-7688-5082

³Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Computer Engineering, ahakan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0003-3561-9375

Abstract

Vision-language models enable zero-shot image classification, assigning images to classes described in natural language without labeled training data. CLIP, a widely used representative of this approach, is commonly deployed with a single prompt, a default model scale, and unverified confidence scores. This study systematically evaluates CLIP-based zero-shot classification along three axes: prompt design (bare class name, single template, template ensemble), model scale (ViT-B/32, ViT-B/16, ViT-L/14), and confidence calibration (temperature scaling). The full cross of the three models and three prompt strategies with the CIFAR-100, Oxford-IIIT Pet, and EuroSAT datasets yields 27 configurations, tested without any weight updates under a reproducible protocol; confidence calibration is analyzed separately for each configuration as a supervised post-hoc correction learned on a labeled calibration split. Results show that embedding the class name in a context sentence yields an average accuracy gain of 6.3 points, whereas the additional contribution of template ensembling remains limited to 0.5 points on average. The benefit of model scale is contingent on prompt quality; under domain shift, the largest model can fall below the smallest when used with bare class names. In the calibration analysis, the learned temperature parameter remained below 1 in 24 of 27 configurations, indicating that under the fixed logit scale of 100, softmax confidences systematically fall below observed accuracy (underconfidence); this observation is conditional on the choice of scale. Temperature scaling reduced the mean expected calibration error from 0.095 to 0.039, yet increased the error in five configurations whose initial error was already low. Furthermore, the choice of class-name set alone shifted accuracy between -6.3 and $+9.3$ points. The study concludes with data-driven practical recommendations for zero-shot deployment.

Keywords: Zero-shot learning, CLIP, prompt design, confidence calibration, image classification

GİRİŞ

Görsel-dil ön eğitimi, görüntü ve metin temsillerini ortak bir uzayda hizalayarak, görüntülerin doğal dilde tanımlanan sınıflara etiketli eğitim verisi olmaksızın atanmasına olanak tanımaktadır. Bu yaklaşımın öne çıkan temsilcisi olan CLIP, 400 milyon görüntü-metin çifti üzerinde karşıtsal (contrastive) öğrenme ile eğitilmiş ve çok sayıda görevde sıfır-örnekli aktarım başarımı raporlamıştır (Radford vd., 2021). Bununla birlikte, modelin uygulamadaki kullanımı çoğunlukla üç örtük varsayıma dayanmaktadır: sınıf adının tek bir istem (prompt) ile temsil edilmesinin yeterli olduğu, daha büyük model ölçeğinin her koşulda daha iyi sonuç verdiği ve modelin ürettiği güven skorlarının doğrudan karar mekanizmalarında kullanılabileceği.

Bu varsayımların her biri literatürde kısmen sorgulanmıştır. Prompt ifadesinin seçimi başarımı önemli ölçüde etkilemekte ve etkili prompt tasarımı alan bilgisi gerektiren, zaman alıcı bir süreç olarak nitelendirilmektedir (Zhou vd., 2022). Öte yandan derin sinir ağlarının güven skorlarının gerçek doğruluk oranlarını yansıtmayabildiği, yani kalibrasyon sorunları taşıdığı bilinmektedir (Guo vd., 2017). Sıfır-örnekli kalibrasyon da yakın dönemde ayrıca incelenmeye başlanmıştır (LeVine vd., 2023; Tu vd., 2024); bununla birlikte üç eksenin, özellikle etkileşimleri açısından, aynı deneysel çerçeve içinde birlikte ele alınması sınırlı sayıda çalışmada söz konusudur.

Bu çalışmanın amacı, CLIP tabanlı sıfır-örnekli sınıflandırmada prompt tasarımı, model ölçeği ve güven kalibrasyonunun etkilerini kontrollü bir deney matrisi üzerinden değerlendirmektir. Matris, üç model ölçeği ile üç prompt stratejisinin üç veri setiyle tam çaprazlanmasından oluşmakta; güven kalibrasyonu ise matrisin her hücreğine uygulanan bir analiz katmanı olarak ele alınmaktadır. Çalışmanın katkıları şu şekilde özetlenebilir: (i) 27 kombinasyonluk, yeniden üretilebilir bir başarımlı-maliyet-kalibrasyon analizi; (ii) eksenler arası etkileşimlerin (örneğin ölçek-prompt ve doğruluk-kalibrasyon ilişkilerinin) nicel olarak raporlanması; (iii) sınıf adı kümesi seçiminin başarımlı üzerindeki etkisine ilişkin bir duyarlılık analizi; (iv) sıfır-örnekli kullanım için veriye dayalı pratik öneriler.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. CLIP ile Sıfır-Örnekli Sınıflandırma

CLIP, bir görüntü kodlayıcı ile bir metin kodlayıcıyı, eşleşen görüntü-metin çiftlerinin benzerliğini artıracak biçimde ortak bir gömme (embedding) uzayında eğitmektedir (Radford vd., 2021). Bu çalışmada görüntü kodlayıcı olarak, görüntüyü sabit boyutlu yamalara bölerek işleyen Vision Transformer (ViT) mimarisi kullanılmıştır (Dosovitskiy vd., 2021). Sıfır-örnekli sınıflandırmada her sınıf, doğal dildeki bir ifade ile temsil edilir; test görüntüsünün gömmesi ile sınıf metinlerinin gömmeleri arasındaki kosinüs benzerliği hesaplanır ve görüntü en yüksek benzerliğe sahip sınıfa atanır. Sınıflandırma aşaması yalnızca çıkarım içerdiğinden model ağırlıkları güncellenmez; buna karşılık bu çalışmada uygulanan temperature scaling, etiketli bir kalibrasyon bölümü kullanan denetimli bir post-hoc kestirimdir ve sıfır-örneklilik yalnızca sınıflandırma aşaması için geçerlidir. Benzer ölçekte, gürültülü web verisi üzerinde karşıtsal öğrenmeye dayanan başka görsel-dil modelleri de raporlanmış (Jia vd., 2021); açık veri kümeleriyle eğitilen CLIP türevleri için ölçekleme davranışı sistematik olarak incelenmiştir (Cherti vd., 2023).

1.2. Prompt Tasarımı

Sınıfı temsil eden metnin ifadesi, sıfır-örnekli başarımlı doğrudan etkilemektedir. Radford vd. (2021), sınıf adının “a photo of a {sınıf}” gibi bir kalıba yerleştirilmesinin ve birden fazla kalıptan elde edilen metin gömmelerinin ortalamasının alınmasının (şablon topluluğu) başarımlı artırdığını raporlamıştır. Prompt seçiminin el yordamıyla yürütülmesinin güçlüğü, prompt ifadelerinin veriden öğrenilmesini (Zhou vd., 2022) ya da sınıf tanımlarının büyük dil modelleri aracılığıyla üretilmesini (Pratt vd., 2023) amaçlayan yaklaşımlara da zemin hazırlamıştır. Bu çalışmada ise öğrenme içermeyen, uygulamada en yaygın üç strateji karşılaştırılmaktadır.

1.3. Güven Kalibrasyonu

Bir sınıflandırıcının kalibrasyonu, ürettiği güven skorlarının gözlenen doğruluk oranlarıyla uyumunu ifade eder. Kalibrasyon kalitesi, tahminlerin güven düzeylerine göre kutulara ayrılması ve her kutuda ortalama güven ile ortalama doğruluk arasındaki farkın ağırlıklı toplamının alınmasıyla hesaplanan beklenen kalibrasyon hatası (Expected Calibration Error, ECE) ile ölçülmektedir (Naeini vd., 2015). Sınıflandırıcı çıktıların eğitim sonrası (post-hoc) düzeltilmesi fikri, olasılıksal çıktı üretmeye yönelik erken çalışmalara kadar uzanmaktadır (Platt, 1999). Guo vd. (2017), modern derin ağların tipik olarak aşırı güvenli (overconfident) olduğunu göstermiş ve tek parametrelili, eğitim sonrası bir düzeltme olan sıcaklık ölçekleme (temperature scaling) yöntemini önermiştir. Öte yandan kalibrasyon kalitesinin dağılım kayması altında bozulabildiği görgül olarak raporlanmıştır (Ovadia vd., 2019). Daha güncel bir inceleme ise en yeni mimarilerin, özellikle evrişim içermeyen modellerin, önceki kuşaklara kıyasla daha iyi kalibre olabildiğini raporlamaktadır (Minderer vd., 2021). Sıfır-örnekli CLIP kalibrasyonu yakın dönemde doğrudan incelenmeye başlanmıştır: LeVine vd. (2023) CLIP'in sıfır-örnekli çıkarımda miskalibre olduğunu ve tek bir öğrenilmiş sıcaklığın veri setleri arasında genellenebildiğini raporlamış; Tu vd. (2024) ise görsel-dil modellerinin kalibrasyonunu etkileyen etmenleri geniş bir model kümesi üzerinde incelemiştir. Bu çalışma, söz konusu analizleri prompt tasarımı ve model ölçeğiyle etkileşimleri bağlamında, hesaplama maliyetini de kapsayacak biçimde ele almaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Deney Tasarımı

Deney matrisi üç bağımsız değişkenin tam çaprazlanmasıyla oluşturulmuştur: üç model ölçeği, üç prompt stratejisi ve üç veri seti olmak üzere toplam 27 kombinasyon. Modeller, OpenAI ağırlıklarıyla (pretrained='openai') ViT-B/32 (yaklaşık 151 milyon parametre), ViT-B/16 (yaklaşık 150 milyon parametre) ve ViT-L/14 (yaklaşık 428 milyon parametre) olarak belirlenmiş; tüm modeller open_clip kütüphanesi üzerinden yüklenmiştir (Ilharco vd., 2021). ViT-B/32 ile ViT-B/16 parametre sayısı bakımından hemen hemen eşdeğerdir; aralarındaki temel fark yama boyutu ve işlenen token sayısıdır (49'a karşı 196). Bu nedenle çalışmada “model ölçeği” olarak adlandırılan eksen, parametre sayısının yanı sıra hesaplama ve temsil çözünürlüğünü de kapsayan bir model varyantı eksenini olarak okunmalıdır; ViT-L/14 ise hem kapasite hem çözünürlük bakımından diğer iki modelden büyüktür. Sınıflandırma skoru, görüntü ve metin gömmeleri L2-normalize edildikten sonra logit = $100 \times \cos$ benzerliği olarak hesaplanmıştır. CLIP'te logit ölçeği kontrol noktasına bağlı, öğrenilebilir bir parametredir; OpenAI uygulamasında bu parametre $\ln(100)$ üst sınırına kırılmaktadır (Radford vd., 2021). Bu çalışmada, karşılaştırılabilirlik amacıyla tüm modeller için sabit 100 ölçeği kullanılmış; kalibrasyona ilişkin tüm bulguların bu ölçek seçimine koşullu olduğu açıkça belirtilmiştir.

2.2. Veri Setleri ve Bölümleme

Değerlendirme, farklı görüntü alanlarını ve görev özelliklerini temsil edecek biçimde seçilen üç veri seti üzerinde yürütülmüştür: genel nesne sınıflandırması için 100 sınıflı CIFAR-100 (Krizhevsky, 2009), ince taneli ayırım için 37 sınıflı Oxford-IIIT Pet (Parkhi vd., 2012) ve uydu görüntüsü tabanlı arazi sınıflandırması için 10 sınıflı EuroSAT (Helber vd., 2019). Bu üçlü içinde ön eğitim dağılımından açık biçimde uzak olan alan EuroSAT'tır; alan kaymasına (domain shift) ilişkin çıkarımlar bu veri seti bağlamında yapılmaktadır. CIFAR-100 için 10.000 görüntülük resmî test seti, Oxford-IIIT Pet için 3.669 görüntülük resmî test bölümü kullanılmıştır. Resmî bölümlemesi bulunmayan EuroSAT'ta ise değerlendirme havuzu, veri setinin tamamından tabakalı (stratified) örnekleme ve sabit tohum değeri (seed=42) ile ayrılan %20'lik kısımdan oluşturulmuştur. Her veri setinin değerlendirme havuzu, yine tabakalı biçimde %20 kalibrasyon (doğrulama) ve %80 test olmak üzere ikiye ayrılmış; tüm başarımlar metrikleri test bölümünde raporlanmıştır (kalibrasyon/test örnek sayıları: CIFAR-100 için 2.000/8.000, Oxford-IIIT Pet için yaklaşık 734/2.935, EuroSAT için 1.080/4.320). Bu bölümleme nedeniyle doğruluk değerleri, resmî test setlerinin tamamı yerine bunların %80'lik alt kümeleri üzerinde hesaplanmıştır; bu

durum, sonuçların literatürde tam test setleri üzerinde raporlanan değerlerle birebir karşılaştırılmasını sınırlamaktadır.

2.3. Prompt Stratejileri

Üç prompt stratejisi karşılaştırılmıştır: (i) yalın sınıf adı, sınıf adının herhangi bir bağlam olmaksızın kullanılması; (ii) tekil şablon, sınıf adının veri setine uygun tek bir kalıba yerleştirilmesi (CIFAR-100 için “a photo of a {sınıf}.”, Oxford-IIIT Pet için “a photo of a {sınıf}, a type of pet.”, EuroSAT için “a centered satellite photo of {sınıf}.”); (iii) şablon topluluğu, OpenAI CLIP kod deposunda (github.com/openai/CLIP) her veri seti için yayımlanan şablon listelerindeki kalıplardan elde edilen metin gömmelerinin L2-normalize edilip ortalamasının alınması ve ortalamanın yeniden normalize edilmesi (Radford vd., 2021). Sınıf adları ve şablonlar, modelin eğitim dili olan İngilizce olarak tutulmuş; EuroSAT için aynı depoda yayımlanan açıklayıcı sınıf adları kullanılmıştır; metindeki “resmî” sıfatı bu kaynağı ifade etmektedir.

2.4. Metrikler ve Kalibrasyon Protokolü

Başarım, top-1 doğruluk ve sınıf dengesizliğine duyarlı makro-F1 ile ölçülmüştür. Kalibrasyon, 15 eşit genişlikte kutu kullanılarak hesaplanan ECE ile değerlendirilmiştir (Naeini vd., 2015); güven skoru olarak softmax çıktısının en büyük değeri alınmıştır. Temperature scaling uygulamasında sıcaklık parametresi T, yalnızca kalibrasyon bölümünde negatif log-olabilirlik en küçükleme (L-BFGS) ile öğrenilmiş ve test bölümündeki logitlere uygulanmıştır (Guo vd., 2017). Temperature scaling monoton bir dönüşüm olduğundan tahmin sıralamasını, dolayısıyla doğruluğu değiştirmez; yalnızca güven dağılımını etkiler. Çıkarım gecikmesi, görüntü kodlayıcı için batch=1 koşulunda 20 ısınma ve 200 ölçüm görüntüsüyle senkronize zamanlama kullanılarak ölçülmüş; ayrıca batch=64 koşulunda verimlilik (görüntü/saniye) raporlanmıştır.

2.5. Uygulama Ayrıntıları ve Yeniden Üretilirlik

Tüm deneyler Apple M4 Pro işlemcili bir bilgisayarda, PyTorch MPS arka ucu ve fp32 hassasiyetiyle, model ağırlıkları güncellenmeksizin yürütülmüştür. Görüntü gömmeleri her model-veri seti çifti için bir kez çıkarılıp önbelleğe alınmış; böylece tüm prompt ve kalibrasyon analizleri aynı temsiller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Rastgelelik içeren tüm adımlarda sabit tohum değeri (seed=42) kullanılmıştır. Raporlanan çıkarım gecikmelerinin donanımına bağlı olduğu; farklı donanımlarda mutlak değerlerin değişebileceği, ancak modeller arası göreceli oranların bilgilendirici olduğu not edilmelidir.

3. BULGULAR

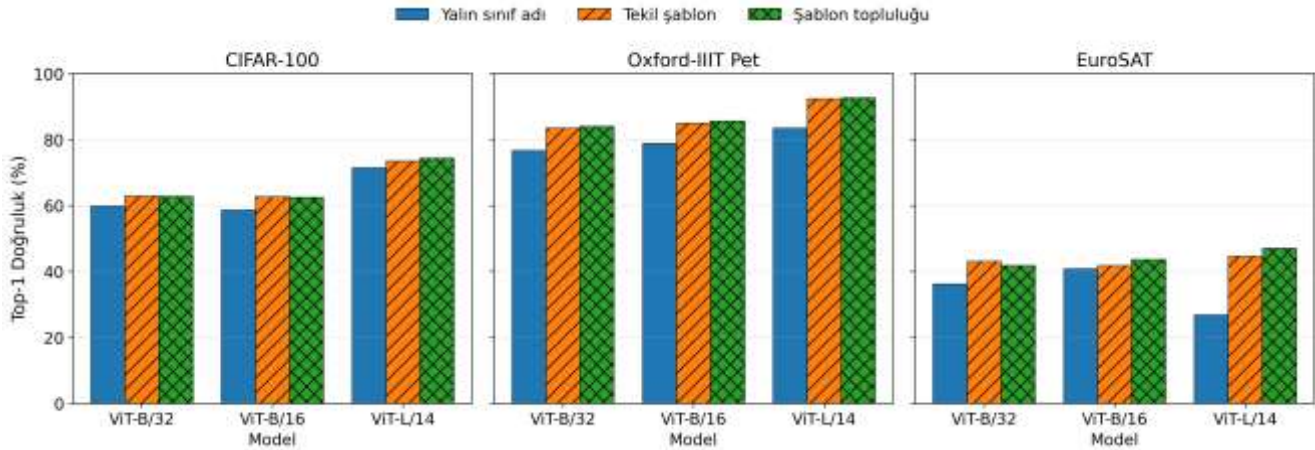
3.1. Model Varyantı ve Doğruluk

Tablo 1, 27 kombinasyonun tamamı için top-1 doğruluk değerlerini sunmaktadır. En yüksek doğruluklar, tüm veri setlerinde ViT-L/14 modelinin şablon topluluğu ile kullanımında elde edilmiştir: CIFAR-100'de %74,34, Oxford-IIIT Pet'te %92,68 ve EuroSAT'ta %47,08. Makro-F1 değerleri 27 kombinasyonun tamamı için Tablo 1'de sunulmuş olup doğrulukla büyük ölçüde paralel seyretmektedir; sınıf bazında ciddi çöküşün yaşandığı EuroSAT'ta makro-F1'in doğruluğun belirgin altında kalması (örneğin ViT-L/14 şablon topluluğunda %47,08'e karşı 0,463) dengesiz sınıf başarımını yansıtmaktadır. CIFAR-100'de ViT-B/16'nın her üç stratejide de ViT-B/32'nin bir miktar altında kalması dikkat çekicidir; ancak tekil şablon ve şablon topluluğundaki farklar (0,20 ve 0,32 puan) örneklem belirsizliği düzeyindedir. Beklenen ViT-B/16 üstünlüğünün gözlenmemesi, 32×32 çözünürlüklü görüntülerin 224×224'e büyütülmesinin daha küçük yama boyutuyla etkileşiminden kaynaklanıyor olabilir; bu gözlemin çoklu koşullarla doğrulanması gerekmektedir.

Tablo 1. Model, prompt stratejisi ve veri setine göre top-1 doğruluk (%) ve makro-F1 değerleri

Model	Prompt stratejisi	CIFAR-100 Doğ.	CIFAR-100 F1	Pet Doğ.	Pet F1	EuroSAT Doğ.	EuroSAT F1
ViT-B/32	Yalın sınıf adı	59,91	0,583	76,67	0,731	36,20	0,300
ViT-B/32	Tekil şablon	62,91	0,615	83,51	0,822	43,15	0,398
ViT-B/32	Şablon topluluğu	62,81	0,616	84,03	0,829	41,88	0,378
ViT-B/16	Yalın sınıf adı	58,62	0,574	78,92	0,758	40,81	0,367
ViT-B/16	Tekil şablon	62,71	0,614	85,05	0,832	41,83	0,395
ViT-B/16	Şablon topluluğu	62,49	0,613	85,63	0,838	43,63	0,418
ViT-L/14	Yalın sınıf adı	71,46	0,709	83,48	0,807	26,83	0,229
ViT-L/14	Tekil şablon	73,56	0,731	92,40	0,922	44,63	0,426
ViT-L/14	Şablon topluluğu	74,34	0,738	92,68	0,926	47,08	0,463

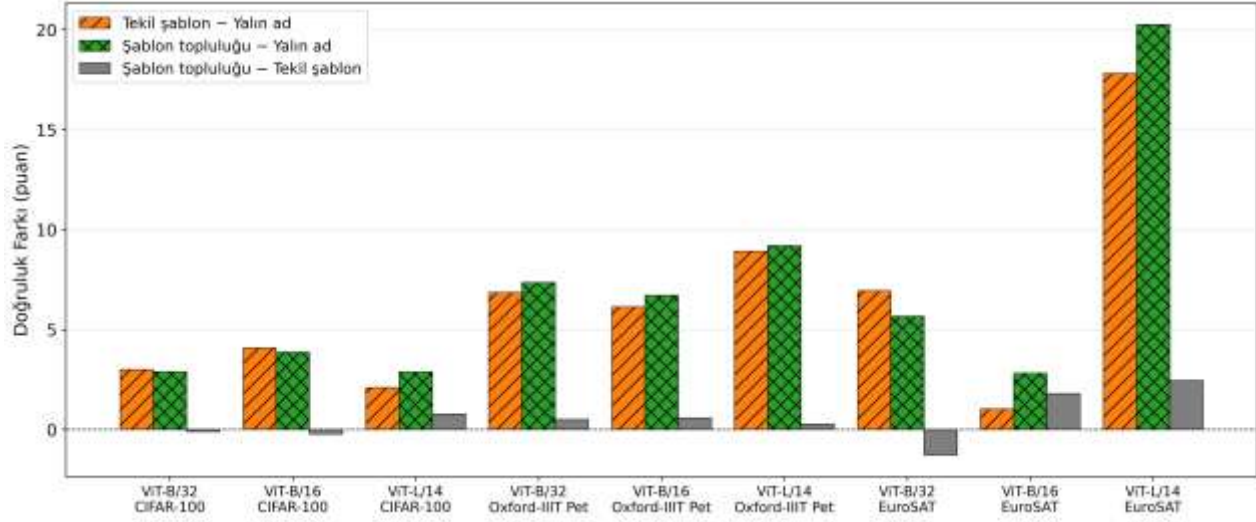
Şekil 1, doğruluğun model ölçeği ve prompt stratejisine göre değişimini veri seti bazında göstermektedir. Şablon topluluğu ile model ölçeği büyüdükçe doğruluk Oxford-IIIT Pet ve EuroSAT'ta tutarlı biçimde artmakta (EuroSAT'ta %41,88 → %43,63 → %47,08), CIFAR-100'de ise ViT-B/32 ile ViT-B/16 arasındaki fark ihmal edilebilir düzeyde kalmaktadır (%62,81'e karşı %62,49). Buna karşılık yalın sınıf adı stratejisinde bu düzen alan kayması altında bozulmaktadır: EuroSAT'ta en büyük model olan ViT-L/14, %26,83 ile en küçük model olan ViT-B/32'nin (%36,20) yaklaşık 9,4 puan gerisinde kalmıştır. Bu gözlem, model ölçeğinin getirisinin prompt kalitesine bağlı olduğuna işaret etmektedir.


Şekil 1. Model varyantı ve prompt stratejisine göre top-1 doğruluk (%)

3.2. Prompt Tasarımının Etkisi

Şekil 2, tekil şablon ve şablon topluluğu stratejilerinin yalın sınıf adına göre sağladığı mutlak doğruluk kazancını göstermektedir. Yalın sınıf adından tekil şablona geçiş, 9 model-veri seti kombinasyonu üzerinden ortalama 6,32 puan kazanç sağlamıştır; kazanç aralığı +1,02 ile +17,80 puan arasındadır; en büyük kazanç EuroSAT'ta ViT-L/14 ile gözlenmiştir (+17,80 puan). Tekil şablondan şablon topluluğuna geçişin ek katkısı ise ortalama 0,53 puanla sınırlı kalmış, dokuz kombinasyonun üçünde topluluk tekil şablonun altında sonuç vermiştir. Test bölümü büyüklükleri dikkate alındığında doğruluk kestirimlerinin örneklem kaynaklı standart hatası veri setine göre yaklaşık $\pm 0,5$ (CIFAR-100) ile $\pm 0,8$ (EuroSAT) puan arasında değişmektedir; dolayısıyla topluluğun ortalama 0,53 puanlık ek katkısı bu belirsizlik düzeyinden ayırt edilememektedir. Stratejiler aynı test görüntüleri üzerinde

karşılaştırıldığından, kesin bir yargı için eşleştirilmiş yeniden örnekleme veya McNemar türü testler gerekmektedir; bu analizler mevcut çalışmanın kapsamı dışındadır. Bu bulgular, prompt kaynaklı kazancın esas olarak sınıf adının bir bağlam cümlesine yerleştirilmesinden geldiğini, şablon çeşitliliğinin ek katkısının bu kurulumda örnekleme belirsizliği içinde kaldığını göstermektedir.



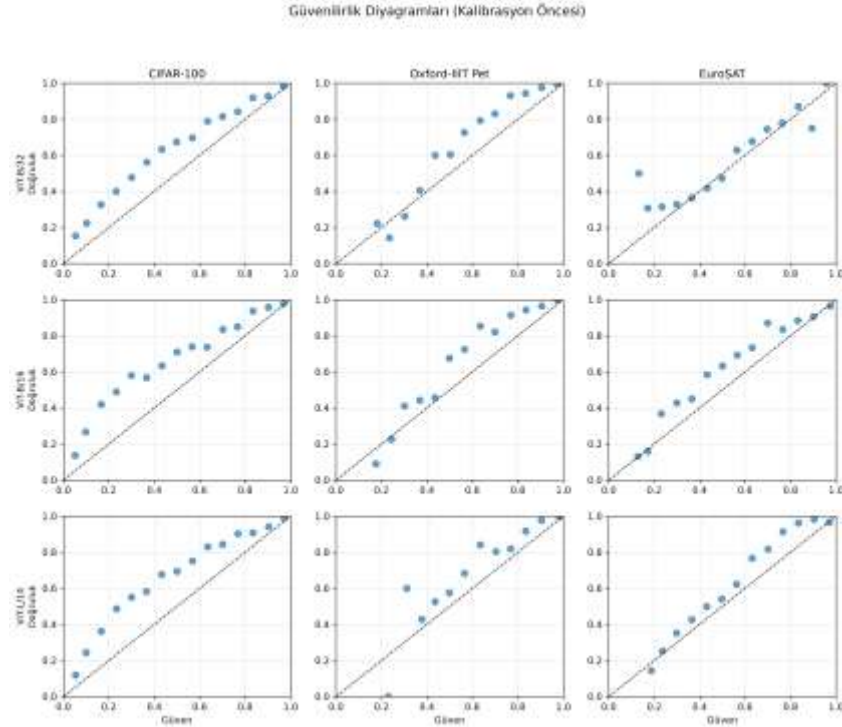
Şekil 2. Prompt stratejileri arasındaki doğruluk farkları: tekil şablon ve şablon topluluğunun yalın sınıf adına göre kazancı ile topluluğun tekil şablona göre ek katkısı (puan)

3.3. Güven Kalibrasyonu

Tablo 2, 27 model-veri seti-prompt kombinasyonunun tamamı için öğrenilen sıcaklık parametrelerini ve temperature scaling öncesi/sonrası ECE değerlerini sunmaktadır. 27 kombinasyonun 24'ünde öğrenilen T değeri 1'in altında kalmıştır. $T < 1$, en küçükleme sürecinin logitleri keskinleştirme, diğer bir deyişle güveni yükseltme yönünde çalıştığını gösterir; temperature scaling sonrası etkin ölçek $100/T$ olduğundan, bu bulgu “sabit 100 ölçeği altında kalibrasyon kümesinin daha keskin bir olasılık dağılımını tercih ettiği” biçiminde okunmalıdır. Softmax güvenlerinin bu ölçek altında gözlenen doğruluğun altında seyretmesi (underconfidence) buna eşlik etmektedir. Şekil 3'teki güvenilirlik diyagramları bu gözlemi desteklemektedir: noktaların büyük bölümü mükemmel kalibrasyonu temsil eden köşegenin üzerinde yer almakta, yani gözlenen doğruluk bildirilen güvenin üzerinde seyretmektedir. Bu örüntü, denetimli derin ağlar için sıklıkla raporlanan aşırı güvenlilik eğiliminin (Guo vd., 2017) tersi yönündedir. Gözlenen yönün, kullanılan logit ölçeği değerine (100) görece olduğu önemle belirtilmelidir: kosinüs benzerlikleri görece dar bir aralıkta yoğunlaştığından, sabit ölçekle elde edilen softmax dağılımı yapısal olarak yayvan kalabilmektedir. Bu nedenle bulgu, modelin içsel bir özelliğinden çok, varsayılan logit ölçeğinin bu görevlerdeki benzerlik dağılımıyla etkileşimi olarak yorumlanmalıdır. Ayrıca Guo vd. (2017), hedef sınıf kümesi üzerinde çapraz entropi ile eğitilmiş ağları incelemektedir; sıfır-örnekli kurulum bu açıdan yapısal olarak farklı olduğundan karşılaştırma ancak betimsel düzeyde yapılabilir. T değerinin 1'in üzerinde kaldığı üç kombinasyonun tümü yalın sınıf adı stratejisine aittir: Oxford-IIIT Pet üzerinde ViT-B/32 ($T = 1,11$) ve ViT-L/14 ($T = 1,01$) ile EuroSAT üzerinde ViT-L/14 ($T = 1,82$). En belirgin sapma sonucunda gözlenmiştir: bu kombinasyonda kalibrasyon öncesi ECE 0,182 ile en yüksek değere ulaşmakta ve aynı kurulum en düşük doğruluğu vermektedir. Tablo 2, 27 kombinasyonun tamamına ait değerleri sunmaktadır.

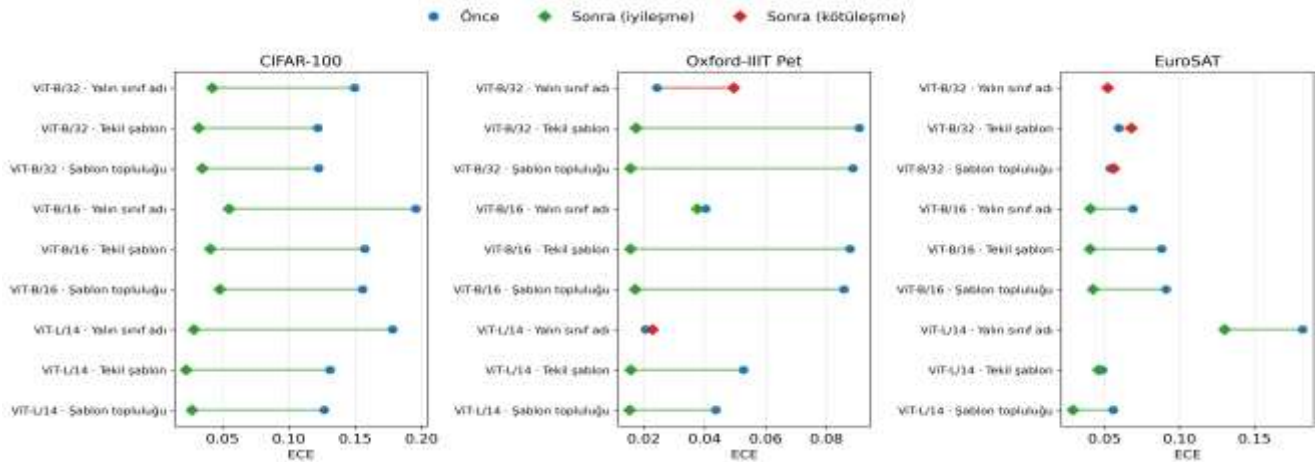
Tablo 2. 27 kombinasyonun tamamı için öğrenilen sıcaklık parametreleri ve temperature scaling öncesi/sonrası ECE değerleri

Model	Veri seti	Prompt stratejisi	T	ECE (önce)	ECE (sonra)
ViT-B/32	CIFAR-100	Yalın sınıf adı	0,668	0,150	0,042
ViT-B/32	CIFAR-100	Tekil şablon	0,701	0,122	0,032
ViT-B/32	CIFAR-100	Şablon topluluğu	0,692	0,122	0,035
ViT-B/32	Oxford-IIIT Pet	Yalın sınıf adı	1,106	0,024	0,050
ViT-B/32	Oxford-IIIT Pet	Tekil şablon	0,665	0,091	0,017
ViT-B/32	Oxford-IIIT Pet	Şablon topluluğu	0,645	0,089	0,016
ViT-B/32	EuroSAT	Yalın sınıf adı	0,938	0,052	0,052
ViT-B/32	EuroSAT	Tekil şablon	0,827	0,059	0,068
ViT-B/32	EuroSAT	Şablon topluluğu	0,840	0,054	0,056
ViT-B/16	CIFAR-100	Yalın sınıf adı	0,582	0,196	0,055
ViT-B/16	CIFAR-100	Tekil şablon	0,641	0,157	0,041
ViT-B/16	CIFAR-100	Şablon topluluğu	0,643	0,155	0,048
ViT-B/16	Oxford-IIIT Pet	Yalın sınıf adı	0,994	0,040	0,038
ViT-B/16	Oxford-IIIT Pet	Tekil şablon	0,680	0,088	0,016
ViT-B/16	Oxford-IIIT Pet	Şablon topluluğu	0,686	0,086	0,017
ViT-B/16	EuroSAT	Yalın sınıf adı	0,784	0,069	0,040
ViT-B/16	EuroSAT	Tekil şablon	0,731	0,088	0,040
ViT-B/16	EuroSAT	Şablon topluluğu	0,690	0,091	0,042
ViT-L/14	CIFAR-100	Yalın sınıf adı	0,629	0,178	0,028
ViT-L/14	CIFAR-100	Tekil şablon	0,675	0,131	0,023
ViT-L/14	CIFAR-100	Şablon topluluğu	0,673	0,127	0,027
ViT-L/14	Oxford-IIIT Pet	Yalın sınıf adı	1,014	0,021	0,023
ViT-L/14	Oxford-IIIT Pet	Tekil şablon	0,659	0,053	0,016
ViT-L/14	Oxford-IIIT Pet	Şablon topluluğu	0,659	0,044	0,015
ViT-L/14	EuroSAT	Yalın sınıf adı	1,822	0,182	0,130
ViT-L/14	EuroSAT	Tekil şablon	0,982	0,049	0,046
ViT-L/14	EuroSAT	Şablon topluluğu	0,876	0,056	0,029



Şekil 3. Şablon topluluğu stratejisinde kalibrasyon öncesi güvenilirlik diyagramları (kesikli çizgi: mükemmel kalibrasyon)

Temperature scaling, 27 kombinasyon üzerinden ortalama ECE'yi 0,095'ten 0,039'a düşürmüştür (yaklaşık %60 azalma). Bununla birlikte düzeltmenin etkisi koşulsuz değildir: beş kombinasyonda ECE, uygulama sonrasında artmıştır. Bu beş durumun ortak özelliği, kalibrasyon öncesi hatanın zaten düşük ($\leq 0,06$) olmasıdır; örneğin Oxford-IIIT Pet üzerinde ViT-B/32'nin yalın sınıf adıyla kullanımında ECE 0,024'ten 0,050'ye yükselmiştir. Bu durum, küçük kalibrasyon kümesi üzerinde öğrenilen sıcaklık parametresinin aşırı uyum gösterebilmesiyle açıklanabilir. Şekil 4, 27 kombinasyonun tamamı için bu iki yönlü tabloyu göstermektedir: hataların büyük bölümünde belirgin iyileşme sağlanırken, başlangıç hatası zaten düşük olan kombinasyonlarda (örneğin EuroSAT üzerinde ViT-B/32 tekil şablonda 0,059 $\rightarrow$ 0,068) hata hafifçe artmaktadır.



Şekil 4. 27 kombinasyonun tamamı için temperature scaling öncesi ve sonrası ECE değerleri (yeşil: iyileşme, kırmızı: kötüleşme)

Doğruluk ve kalibrasyon her zaman aynı yönde iyileşmemektedir. Oxford-IIIT Pet üzerinde ViT-L/14 için yalın sınıf adından tekil şablona geçiş, doğruluğu %83,48'den %92,40'a yükseltirken kalibrasyon öncesi ECE'yi 0,021'den 0,053'e çıkarmıştır. Bu gözlem, prompt tasarımına ilişkin kararların yalnızca doğruluk üzerinden değil, kalibrasyon etkileri de dikkate alınarak verilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

3.4. Sınıf Adı Duyarlılığı

Prompt duyarlılığının bir alt boyutu olarak, sınıf adı kümesi seçiminin etkisi EuroSAT üzerinde ek bir analizle incelenmiştir. Bu analizde, resmî CLIP sınıf adları ile veri setinin ham klasör etiketlerinden türetilen bir ad kümesi karşılaştırılmıştır; ikinci kümede 10 addan 4'ü farklıdır (örneğin resmî “brushland or shrubland” yerine, ham HerbaceousVegetation etiketinden türetilen “herbaceous vegetation land”). Bu karşılaştırma, uygulamada sık yapılan “ham etiketleri doğrudan prompt olarak kullanma” pratiğinin etkisini ölçmektedir. Tablo 3'te dokuz kombinasyonun tamamı için raporlanan sonuçlara göre iki ad kümesi arasındaki genel doğruluk farkı, modele ve prompt stratejisine bağlı olarak -6,25 ile +9,28 puan arasında değişmektedir ve farkın yönü tutarlı değildir. En büyük kazançlar ViT-B/16'nın şablonlu stratejilerinde, en büyük kayıp ise ViT-L/14'ün yalın sınıf adı kullanımında gözlenmiştir; yalın kullanım, ad seçimine karşı en kırılgan kurulum olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 3. Ham etiket türevi adlar ile OpenAI CLIP sınıf adlarının EuroSAT genel doğruluğuna etkisi (dokuz kombinasyonun tamamı)

Model	Prompt stratejisi	Ham etiket türevi adlar (%)	Resmî adlar (%)	Fark (puan)
ViT-B/32	Yalın sınıf adı	36,55	36,20	-0,35
ViT-B/32	Tekil şablon	42,94	43,15	+0,21
ViT-B/32	Şablon topluluğu	41,39	41,88	+0,49
ViT-B/16	Yalın sınıf adı	40,39	40,81	+0,42
ViT-B/16	Tekil şablon	32,87	41,83	+8,96
ViT-B/16	Şablon topluluğu	34,35	43,63	+9,28
ViT-L/14	Yalın sınıf adı	33,08	26,83	-6,25
ViT-L/14	Tekil şablon	44,75	44,63	-0,12
ViT-L/14	Şablon topluluğu	46,41	47,08	+0,67

Sınıf bazlı inceleme, prompt tasarımıyla telafi edilemeyen bir başarısızlık kipini ortaya koymaktadır. Tablo 4, ViT-L/14 şablon topluluğu kombinasyonunda EuroSAT için sınıf bazlı sonuçları; Tablo 5 ise aynı kombinasyona ait tam karışıklık matrisini sunmaktadır. “Brushland or shrubland” sınıfı, resmî ad kullanımında dahi yalnızca %0,4 doğrulukla sınıflandırılmış; bu sınıfa ait örneklerin %87,7'i “forest” olarak tahmin edilmiştir. Ad kümesi değişiminin bu sınıfın doğruluğunu belirgin biçimde değiştirmemesi (%0,2 → %0,4) ad seçimini olası bir neden olarak zayıflatmakla birlikte, kesin bir nedensel çıkarım için ek olasılıkların (resmî eşlemede kullanılan “brushland or shrubland” ifadesinin HerbaceousVegetation sınıfının anlamını birebir karşılamaması, veri sürümü ve ön işleme farklılıkları) sistematik olarak elenmesi gerekmektedir; mevcut bulgular, ilgili görsel ayrımın modelin ön eğitim dağılımında yeterince temsil edilmemesini güçlü bir aday açıklama olarak öne çıkarmaktadır. Karışıklık matrisi ayrıca “annual crop land” ve “lake or sea” örneklerinin de büyük oranda “forest” sınıfına kaydığını göstermektedir. Bu bağlamda, EuroSAT için elde edilen doğrulukların Radford vd. (2021) tarafından raporlanan sıfır-örnekli değerlerin altında kaldığı belirtilmelidir; söz konusu farkın olası kaynakları arasında çalışmaya özgü değerlendirme bölümlenmesi, veri setinin RGB sürümünün kullanımı, 64×64 görüntülerin yeniden boyutlandırılması ve tek başına yaklaşık beş puanlık kayıp üreten “brushland or shrubland” çöküşü sayılabilir.

Tablo 4. EuroSAT sınıf bazlı sonuçlar (ViT-L/14, şablon topluluğu, resmî sınıf adları)

No	Sınıf adı	Örnek	Doğru	Doğruluk (%)
0	annual crop land	480	116	24,2
1	forest	480	455	94,8
2	brushland or shrubland	480	2	0,4
3	highway or road	400	358	89,5
4	industrial buildings or commercial buildings	400	268	67,0
5	pasture land	320	106	33,1
6	permanent crop land	400	179	44,8
7	residential buildings or homes or apartments	480	155	32,3
8	river	400	304	76,0
9	lake or sea	480	91	19,0

Tablo 5. EuroSAT karışıklık matrisi (ViT-L/14, şablon topluluğu; satır: gerçek sınıf, sütun: tahmin; sınıf numaraları Tablo 4'teki gibidir)

Sınıf	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	116	224	1	26	0	1	96	2	9	5
1	0	455	5	3	0	1	4	2	7	3
2	0	421	2	9	0	2	17	0	27	2
3	9	10	0	358	1	1	16	2	3	0
4	5	58	0	31	268	0	31	5	2	0
5	38	85	0	2	0	106	88	0	1	0
6	116	87	1	13	0	1	179	2	1	0
7	3	217	0	49	9	0	47	155	0	0
8	4	21	0	47	0	0	14	0	304	10
9	0	243	1	2	2	1	0	98	42	91

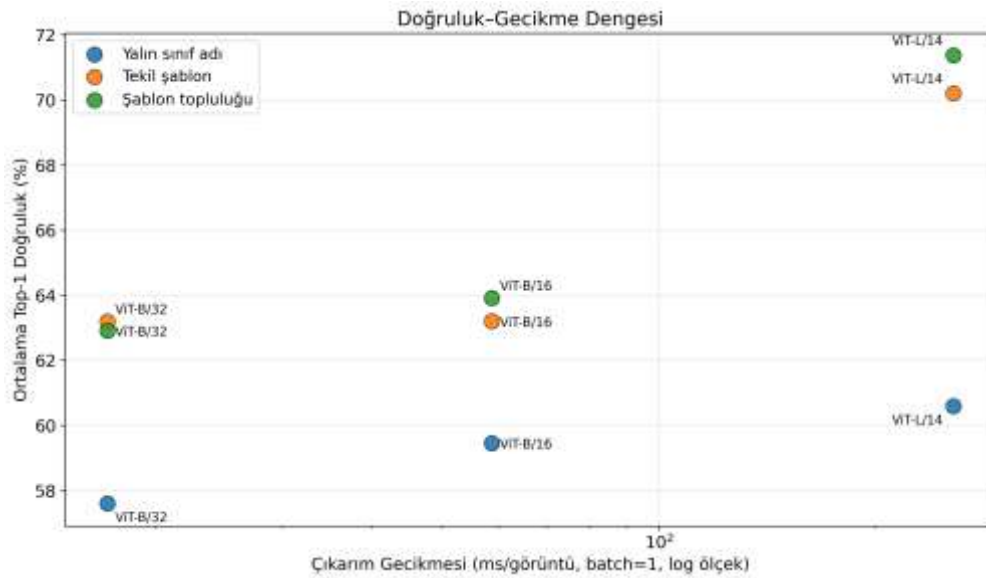
3.5. Hesaplama Maliyeti

Tablo 6, üç modelin çıkarım gecikmesi ve verimlilik ölçümlerini sunmaktadır. Ölçümler yalnızca görüntü kodlayıcının ileri geçişini kapsamakta; görüntü ön işleme, veri yükleme ve metin kodlama süreleri dahil edilmemiştir (metin gömmeleri tüm stratejilerde önceden hesaplanıp tek sınıf gömmesine indirgendiğinden, görüntü başına maliyet prompt stratejisinden bağımsızdır). Zamanlama MPS senkronizasyonu ile yapılmış; raporlanan $\pm$ değeri görüntü başına gecikmelerin standart sapmasıdır. Parametre sayıları toplam modele (görüntü ve metin kodlayıcı birlikte) aittir. ViT-L/14, batch=1 koşulunda görüntü başına 256,19 ms gecikmeyle ViT-B/32'ye (17,15 ms) kıyasla yaklaşık 15 kat yavaştır. ViT-B/32'nin parametre sayısının ViT-B/16'dan bir miktar yüksek olması, büyük yama boyutuna bağlı yama-gömme katmanından kaynaklanmakta; iki model arasındaki belirgin hız farkı ise işlenen token sayısından (49'a karşı 196) ileri gelmektedir. Şekil 5'teki doğruluk-gecikme analizi, üç veri setinin ortalama doğruluğu üzerinden modellerin konumlanmasını göstermektedir. Dikkat çekici

bir gözlem, ViT-B/32'nin tekil şablonla kullanımının, ViT-B/16'nın yalın sınıf adıyla kullanımından daha yüksek ortalama doğruluk sağlamasıdır; diğer bir deyişle, uygun prompt tasarımı bir üst model ölçeğine geçmekten daha düşük maliyetli bir iyileştirme sunabilmektedir.

Tablo 6. Modellerin toplam parametre sayıları (görüntü + metin kodlayıcı), çıkarım gecikmeleri ve verimlilikleri (Apple M4 Pro, MPS, fp32)

Model	Parametre (M)	Gecikme, batch=1 (ms/görüntü)	Verimlilik, batch=64 (görüntü/sn)
ViT-B/32	151,3	17,15 ± 2,09	295,9
ViT-B/16	149,6	58,61 ± 1,36	76,6
ViT-L/14	427,6	256,19 ± 3,59	16,8



Şekil 5. Doğruluk-gecikme dengesi: üç veri setinin eşit ağırlıklı makro ortalama top-1 doğruluğu ile batch=1 çıkarım gecikmesi (şablon topluluğunda metin gömmeleri önceden hesaplandığından görüntü başına gecikme stratejiden bağımsızdır)

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, CLIP tabanlı sıfır-örnekli görüntü sınıflandırma; prompt tasarımı, model ölçeği ve güven kalibrasyonu eksenlerinde, 27 kombinasyonluk kontrollü bir deney matrisi üzerinden değerlendirilmiştir. Bulgular dört ana noktada toplanmaktadır. Birincisi, model ölçeğinin getirisi prompt kalitesine bağlıdır; şablon topluluğu ile ölçekleme Oxford-IIIT Pet ve EuroSAT'ta tutarlı kazanç sağlarken (CIFAR-100'de iki taban model arasındaki fark ihmal edilebilir düzeydedir), yalın sınıf adıyla kullanımda en büyük model alan kayması altında en küçük modelin gerisine düşebilmektedir. İkincisi, prompt kaynaklı kazanç esas olarak sınıf adının bir bağlam cümlesine yerleştirilmesinden gelmektedir (ortalama +6,32 puan); şablon topluluğunun ek katkısı sınırlıdır (ortalama +0,53 puan). Üçüncüsü, incelenen kurulumda güven dağılımı, sabit 100 logit ölçeği altında sistematik biçimde yayvan kalmaktadır (27 kombinasyonun 24'ünde $T < 1$) ve bu gözlem ölçek seçimine koşulludur; temperature scaling ortalama ECE'yi yaklaşık %60 azaltmakta, ancak başlangıç hatası düşük kombinasyonlarda hatayı artırabilmektedir. Dördüncüsü, sınıf adı kümesi seçimi tek başına doğruluğu -6,25 ile +9,28 puan arasında değiştirebilmekte ve bazı sınıflar (EuroSAT'ta "brushland or shrubland") ad seçiminden bağımsız olarak tanınamamaktadır.

Sabit ölçek altında gözlenen bu yayvan güven örüntüsü, denetimli derin ağlarda sıklıkla raporlanan aşırı güvenilirlik bulgusundan (Guo vd., 2017) betimsel düzeyde ayrılmakta; evrişim içermeyen güncel mimarilerin kalibrasyon davranışının önceki kuşaklardan farklılaşabildiği yönündeki gözlemlerle (Minderer vd., 2021) uyumlu bir tablo ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, kalibrasyon yönünün logit ölçeği seçimine göre farklılaşması ise, belirsizlik tahminlerinin dağılım kayması altında güvenilirliğini yitirebildiği yönündeki bulgularla (Ovadia vd., 2019) birlikte değerlendirilebilir. Bulgulardan türeyen pratik öneriler şu şekilde özetlenebilir: (i) sıfır-örnekli kullanımda yalın sınıf adından kaçınılmalı, en azından tekil bir bağlam şablonu tercih edilmelidir; (ii) iyi seçilmiş tek bir şablon çoğu durumda yeterlidir; (iii) sınıf adları için doğrulanmış, yayımlanmış ad kümeleri kullanılmalı ve hedef alandaki temsili zayıf sınıflar önceden belirlenmelidir; (iv) güven skorları kullanılacaksa kalibrasyon önce ölçülmeli, belirgin bir sapma varsa temperature scaling uygulanmalıdır.

Çalışmanın kısıtları şunlardır: sonuçlar tek bir veri bölmesine (seed=42) dayanmaktadır (dondurulmuş modeller çıkarım deterministik olduğundan temel belirsizlik kaynağı bölümlenmez) ve güven aralıkları raporlanmamıştır; küçük farklara ilişkin yorumlar eşleştirilmiş yeniden örnekleme ve tekrarlı bölmelerle doğrulanmalıdır. Kalibrasyon değerlendirmesi ECE ile sınırlıdır; NLL, Brier skoru ve uyarlanabilir kutulu ölçütler kapsam dışıdır. Kalibrasyon bölümlerinin görece küçük olması (özellikle Oxford-IIIT Pet için yaklaşık 734 örnek) T kestirimini bölmeye duyarlı kılabilir. Tüm doğruluklar resmî test setlerinin %80'lik alt kümeleri üzerinde hesaplanmıştır; EuroSAT bölümlenmesi çalışmaya özgüdür ve gecikme ölçümleri tek bir donanımda gerçekleştirilmiştir. Son olarak, kalibrasyon bulgularının yönü sabit logit ölçeği seçimine koşulludur; kontrol noktalarının kendi öğrenilmiş ölçekleriyle yinelenen bir analiz gelecekteki çalışmaya bırakılmıştır. Gelecek çalışmalarda deney çerçevesinin daha güncel görsel-dil modellerini ve farklı ön eğitim verisiyle eğitilmiş eşdeğer mimarileri kapsayacak biçimde genişletilmesi, sınıf adı seçiminin sistematik olarak eniyilenmesi ve tekrarlı veri bölmeleri ve eşleştirilmiş yeniden örnekleme analizleri planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Cherti, M., Beaumont, R., Wightman, R., Wortsman, M., Ilharco, G., Gordon, C., ... & Jitsev, J. (2023). Reproducible scaling laws for contrastive language-image learning. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 2818-2829).
- Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., ... & Houlsby, N. (2020). An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. arXiv preprint arXiv:2010.11929.
- Guo, C., Pleiss, G., Sun, Y., & Weinberger, K. Q. (2017, July). On calibration of modern neural networks. In International conference on machine learning (pp. 1321-1330). PMLR.
- Helber, P., Bischke, B., Dengel, A., & Borth, D. (2019). Eurosat: A novel dataset and deep learning benchmark for land use and land cover classification. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12(7), 2217-2226.
- Ilharco, G., Wortsman, M., Carlini, N., Taori, R., Dave, A., Shankar, V., ... & Schmidt, L. (2021). Openclip. Zenodo.
- Jia, C., Yang, Y., Xia, Y., Chen, Y. T., Parekh, Z., Pham, H., ... & Duerig, T. (2021, July). Scaling up visual and vision-language representation learning with noisy text supervision. In International conference on machine learning (pp. 4904-4916). PMLR.
- Krizhevsky, A., & Hinton, G. (2009). Learning multiple layers of features from tiny images.

- LeVine, W., Pikus, B., Raja, P., & Gil, F. A. (2023). Enabling calibration in the zero-shot inference of large vision-language models. arXiv preprint arXiv:2303.12748.
- Minderer, M., Djolonga, J., Romijnders, R., Hubis, F., Zhai, X., Houlsby, N., ... & Lucic, M. (2021). Revisiting the calibration of modern neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 34, 15682-15694.
- Naeini, M. P., Cooper, G., & Hauskrecht, M. (2015, February). Obtaining well calibrated probabilities using bayesian binning. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 29, No. 1).
- Ovadia, Y., Fertig, E., Ren, J., Nado, Z., Sculley, D., Nowozin, S., ... & Snoek, J. (2019). Can you trust your model's uncertainty? evaluating predictive uncertainty under dataset shift. *Advances in neural information processing systems*, 32.
- Parkhi, O. M., Vedaldi, A., Zisserman, A., & Jawahar, C. V. (2012, June). Cats and dogs. In *2012 IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 3498-3505). IEEE.
- Platt, J. (1999). Probabilistic outputs for support vector machines and comparisons to regularized likelihood methods. *Advances in large margin classifiers*, 10(3), 61-74.
- Pratt, S., Covert, I., Liu, R., & Farhadi, A. (2023). What does a platypus look like? generating customized prompts for zero-shot image classification. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision* (pp. 15691-15701).
- Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., ... & Sutskever, I. (2021, July). Learning transferable visual models from natural language supervision. In *International conference on machine learning* (pp. 8748-8763). PmLR.
- Tu, W., Deng, W., Campbell, D., Gould, S., & Gedeon, T. (2024). An empirical study into what matters for calibrating vision-language models. arXiv preprint arXiv:2402.07417.
- Zhou, K., Yang, J., Loy, C. C., & Liu, Z. (2022). Learning to prompt for vision-language models. *International journal of computer vision*, 130(9), 2337-2348.

ARI KOVANI GİRİŞİNDE ÜÇ MODELLİ BİR KENAR YAPAY ZEKÂ SİSTEMİYLE ARI SAYIMI, POLEN VE VARROA DESTRUCTOR TESPİTİ

Arş. Gör., Ahmet GÜRSEL *1 / Kamil Batuhan CAN *2 / Hanifcan TEZCAN *3 / Prof. Dr., Ali Hakan IŞIK *4

1* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, agursel@mehmetakif.edu.tr, 0009-0000-6620-2471

2* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, 2311404070@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0009-0002-0380-3119

3* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, 2311404069@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0009-0006-4582-3109

4* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, ahakan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0003-3561-9375

Özet

Bal arıları (*Apis mellifera*), polinasyon yoluyla küresel gıda üretiminin önemli bir bölümüne katkı sağlarken, *Varroa destructor* kaynaklı koloni kayıpları arıcılığın sürdürülebilirliği açısından giderek büyüyen bir tehdit oluşturmaktadır. Çerçevesinin tek tek elden geçirilmesine dayanan geleneksel kovan denetimi hem emek yoğun hem de koloniyi rahatsız edici olduğundan, sahada düşük müdahaleyle çalışabilen otomatik izleme çözümlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, kovan girişine üstten yerleştirilen tek bir kameranın görüntü akışı üzerinden (i) giren/çıkan arı sayımı, (ii) polen yükü sınıflandırması ve (iii) *Varroa destructor* tespiti görevlerini eşzamanlı yürüten, kenar (edge) donanımında konuşlandırılmaya uygun üç modellenli bir derin öğrenme sistemi önerilmektedir. Sayım aşamasında, kalıcı kimlik tutan takip algoritmaları yerine iki sanal çizgi ve kısa ufuklu eşleştirmeye dayalı, kimlik üretmeyen (identity-free) bir yaklaşım geliştirilmiştir. Arı tespiti YOLOv8n ile; polen sınıflandırması spatial attention modülüyle güçlendirilmiş MobileNetV3-Small ile; *Varroa* sınıflandırması ise CBAM modülü ve focal loss ile eğitilen EfficientNet-Lite0 ile gerçekleştirilmiştir. Tüm modeller yalnızca kamuya açık veri setleriyle ve burada belirtilen eğitim protokolleri kullanılarak eğitilmiştir. Test kümelerinde tespit için $mAP@0,5 = 0,935$, polen sınıflandırması için $F1 = 0,974$, *Varroa* sınıflandırması için ise $0,80$ eşliğinde $F1 = 0,808$ (duyarlılık = $0,768$; ROC-AUC = $0,951$) değerlerine ulaşılmıştır. *Varroa* eşliği aynı test kümesinde post-hoc seçildiğinden eşik-bağımlı *Varroa* değerleri keşifsel niteliktedir; polen sonucu da görüntü düzeyindeki bölme nedeniyle iyimser olabilir. ONNX biçiminde dışa aktarılan modellerle uçtan uca işleme hızı, Apple M4 Pro işlemcisinde seyrek sahnelerde (~3 arı) yaklaşık 30 FPS, orta yoğunluklu sahnelerde (~8 arı) yaklaşık 16 FPS ve yoğun sahnelerde (~16 arı) yaklaşık 10 FPS olarak ölçülmüştür. Etiketli giren/çıkan arı verisi bulunmadığından sayım doğruluğu bu aşamada nicel olarak doğrulanmamış; çalışma bir uygulanabilirlik (fizibilite) incelemesi olarak sunulmuştur. Ön bulgular; kovan aktivitesi, yiyecek arama performansı ve akar göstergelerinin tek bir kenar bilgisayarında düşük maliyetle izlenebileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hassas arıcılık, *Varroa destructor* tespiti, polen sınıflandırması, kenar yapay zekâ, gerçek zamanlı nesne tespiti.

BEE COUNTING, POLLEN AND VARROA DESTRUCTOR DETECTION AT THE HIVE ENTRANCE USING A THREE-MODEL EDGE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM**Res. Asst., Ahmet GÜRSEL¹ / Kamil Batuhan CAN² / Hanifcan TEZCAN³ / Prof. Dr., Ali Hakan IŞIK⁴**¹Department of Computer Engineering, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey, agursel@mehmetakif.edu.tr, 0009-0000-6620-2471²Department of Computer Engineering, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey, 2311404070@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0009-0002-0380-3119³Department of Computer Engineering, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey, 2311404069@ogr.mehmetakif.edu.tr, 0009-0006-4582-3109⁴Department of Computer Engineering, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey, ahakan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0003-3561-9375**Abstract**

Honey bees (*Apis mellifera*) contribute to a substantial share of global food production through pollination, yet colony losses driven by *Varroa destructor* pose a growing threat to the sustainability of beekeeping. Because traditional hive inspection is labour-intensive and disturbs the colony, automated monitoring solutions that operate in the field with minimal intervention are needed. This study proposes a three-model deep learning system, suitable for edge deployment, that simultaneously performs (i) bee in/out counting, (ii) pollen-load classification, and (iii) visual *Varroa destructor* detection from a single top-down camera placed at the hive entrance. To reduce computational cost and the risk of identity drift, the counting stage adopts an identity-free approach based on two virtual lines and short-horizon matching rather than classical identity-preserving trackers. Bee detection is performed with YOLOv8n; pollen classification with a MobileNetV3-Small enhanced by a spatial attention module; and Varroa classification with an EfficientNet-Lite0 trained using a CBAM block and focal loss. All models are trained on publicly available datasets using the training protocols reported here. On the test sets, the system attains $mAP@0.5 = 0.935$ for detection and $F1 = 0.974$ for pollen classification; for Varroa, $F1 = 0.808$ (recall = 0.768; ROC-AUC = 0.951) at a 0.80 threshold. Because this threshold was selected post hoc on the same test set, the threshold-dependent Varroa metrics are exploratory; the pollen result may also be optimistic, as the split is image-level. With models exported to ONNX, the end-to-end rate on an Apple M4 Pro CPU is approximately 30 FPS for sparse (~3 bees), 16 FPS for moderate (~8 bees) and 10 FPS for dense (~16 bees) scenes. As no manually labelled in/out ground truth was available, counting accuracy was not validated quantitatively; the study is presented as a feasibility assessment for low-cost, single-computer hive monitoring.

Keywords: Precision beekeeping, Varroa destructor detection, pollen classification, edge AI, real-time object detection.

GİRİŞ

Hayvansal polinasyona bağımlı ürünler küresel tarımsal üretimin önemli bir bölümünü oluşturmakta; bal arıları (*Apis mellifera*) ise yönetilen başlıca polinatörler arasında yer almaktadır. Buna karşın *Varroa destructor*, taşıdığı virüslerle etkileşimi de dikkate alındığında, koloni çöküş bozukluğu (Colony Collapse Disorder, CCD) ve genel koloni kayıpları bağlamında bal arısı koloni sağlığını tehdit eden en önemli biyotik stres etmenlerinden biridir (Rosenkranz vd., 2010; Traynor vd., 2020). Akar; uzun süre kabul edilenin aksine hemolenf değil, esas olarak arının yağ dokusuyla (fat body) beslenerek doğrudan zarar verir (Ramsey vd., 2019); ayrıca Deformed Wing Virus (DWV) gibi virüslerin vektörü olarak hareket eder; bu iki etki birlikte koloni sağlığını ciddi biçimde zayıflatabilir ve koloni kaybı riskini artırabilir. Bu nedenle erken ve düşük müdahaleli teşhis, modern arıcılığın temel gereksinimlerinden biridir.

Geleneksel kovan denetimi, çerçevelerin tek tek elden geçirilmesini gerektirir; bu süreç hem zaman alıcı hem de koloniye rahatsız edicidir. Kovan girişine yerleştirilen bir kameradan elde edilen video ise koloninin kapısından geçen her arıyı sürekli biçimde gözlemlemeye olanak tanır ve üç bağıl gösterge üretebilir: (i) giren/çıkan arı sayısı (genel aktivite), (ii) polen taşıyan arı oranı (yiyecek arama performansı) ve (iii) görüntüde seçilebilen *Varroa*-pozitif arı oranı (akar enfestasyonu için görsel bir vekil gösterge). Bu üç sinyalin birlikte değerlendirilmesi, kovan sağlığı için güçlü bir izleme şeması sunar.

İdeal bir saha sistemi; sayım ve sınıflandırmayı kovan başına bağımsız olarak ve internet bağlantısı gerektirmeden, düşük güçle çalışan bir kenar (edge) bilgisayar üzerinde yürütmelidir. Bu kısıtlar; model boyutu, gecikme ve algoritmik karmaşıklık üzerinde belirleyici tasarım baskıları oluşturur.

Bu çalışmanın temel katkıları şunlardır: (i) klasik takip algoritmaları (tracker) kullanılmadan, iki sanal çizgi ile kısa-ufuklu IoU + merkez-mesafesi eşleştirmesine dayalı, kalıcı kimlik üretmeyen (identity-free) bir sayım algoritması önerilmesi; (ii) tek bir kenar işlem hattında (pipeline) YOLOv8n detektörü, bacak-odaklı uzamsal dikkat (attention) modülüyle güçlendirilmiş MobileNetV3-Small polen sınıflandırıcısı ve CBAM + focal loss ile eğitilen EfficientNet-Lite0 *Varroa* sınıflandırıcısının birlikte kullanılması; (iii) yalnızca kamuya açık veri setleriyle eğitim, eğitim protokollerinin ve ONNX'e aktarımın raporlanması; (iv) üç modelin doğruluk ve gecikme ölçümlerinin bileşen düzeyinde ve uçtan uca (Apple M4 Pro / ONNX Runtime CPU) sunulması ile sistemin canlı bir FastAPI + WebSocket gösterge paneli üzerinde uçtan uca çalıştırılarak niteliksel olarak gösterilmesi. Sayım algoritmasının doğruluğu, etiketli geçiş verisi bulunmadığından bu çalışmada nicel olarak değerlendirilmemiş; algoritma önerilmiş ve çalışan bir sistem içinde gösterilmiştir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Kovan girişinde bilgisayarlı görü ile arı tespiti üzerine yapılan çalışmalarda Ngo vd. (2019), giren ve çıkan arıları gerçek zamanlı olarak sayan bir görüntüleme sistemi geliştirmiş ve klasik takip yöntemleriyle $93,9 \pm 1,1$ sayım doğruluğu bildirmiştir. Rodríguez vd. (2022) ise kovan girişinde işaretli arıların poz tahmini tabanlı otomatik video izlemesini gerçekleştirmiş; sayım ve polen tespitini aynı sistemde raporlamıştır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu kimlik atayan trackerlar üzerine kuruludur; sunulan çalışma, bu seçimi açıkça tartışarak daha hafif bir alternatif önermektedir.

Polen tespiti tarafında, Rodríguez ve Mégret tarafından paylaşılan PollenDataset (Rodríguez vd., 2018), kovan girişinde alınan video karelerinden çıkarılmış, polen taşıyan ve taşımayan arıları içeren ikili etiketli görüntülerden oluşur ve bu alandaki birçok çalışmanın referans veri setidir.

Varroa tespitinde ise Bjerge vd. (2019), kovan girişine yerleştirilen bir kamera sistemiyle koloninin *Varroa* enfestasyon düzeyini izlemeye yönelik bir bilgisayarlı görü sistemi sunmuştur. Schurischuster vd. (2018), tek arı seviyesinde *Varroa* sınıflandırması için ilk kapsamlı çalışmayı sunmuş; daha sonra paylaşılan *VarroaDataset* (Schurischuster & Kampel, 2020) alanın referans veri seti hâline gelmiştir. Bilík vd. (2021), enfekte arı ve *Varroa*

tespiti için YOLOv5 ve SSD nesne dedektörlerini Deep SVDD anomali dedektörüyle karşılaştırmış; sınırlayıcı kutu (bounding box) tabanlı sonuçları YOLOv5 ve SSD üzerinden raporlamıştır. Bu çalışmada; kare düzeyinde düşük gecikme, etiketleme maliyeti ve nadir-sınıf veri kıtlığı gerekçeleriyle ikinci aşamada nesne tespiti yerine ince-taneli (fine-grained) sınıflandırma yaklaşımı tercih edilmiştir.

Detektör mimarileri ve hafif omurgalar açısından bakıldığında, tek-aşamalı ve gerçek-zamanlı nesne tespiti paradigmasını Redmon vd. (2016) ortaya koymuş; bu sınıfın güncel bir temsilcisi olan Ultralytics YOLOv8 (Jocher vd., 2023), kompakt "n" varyantıyla kenar bütçesine uygundur. Sınıflandırma tarafında MobileNetV3 (Howard vd., 2019) NAS ile elde edilmiş etkin bir omurga sunarken; EfficientNet (Tan & Le, 2019) ve bu mimarinin, sıkıştır-ve-uyar (squeeze-and-excitation) bloklarının çıkarılıp swish yerine ReLU6 kullanılmasıyla kenar donanımına uyarlanan EfficientNet-Lite sürümü, kayan-noktalı işlem (FLOP) başına doğruluk açısından güçlü temsilcilerdir.

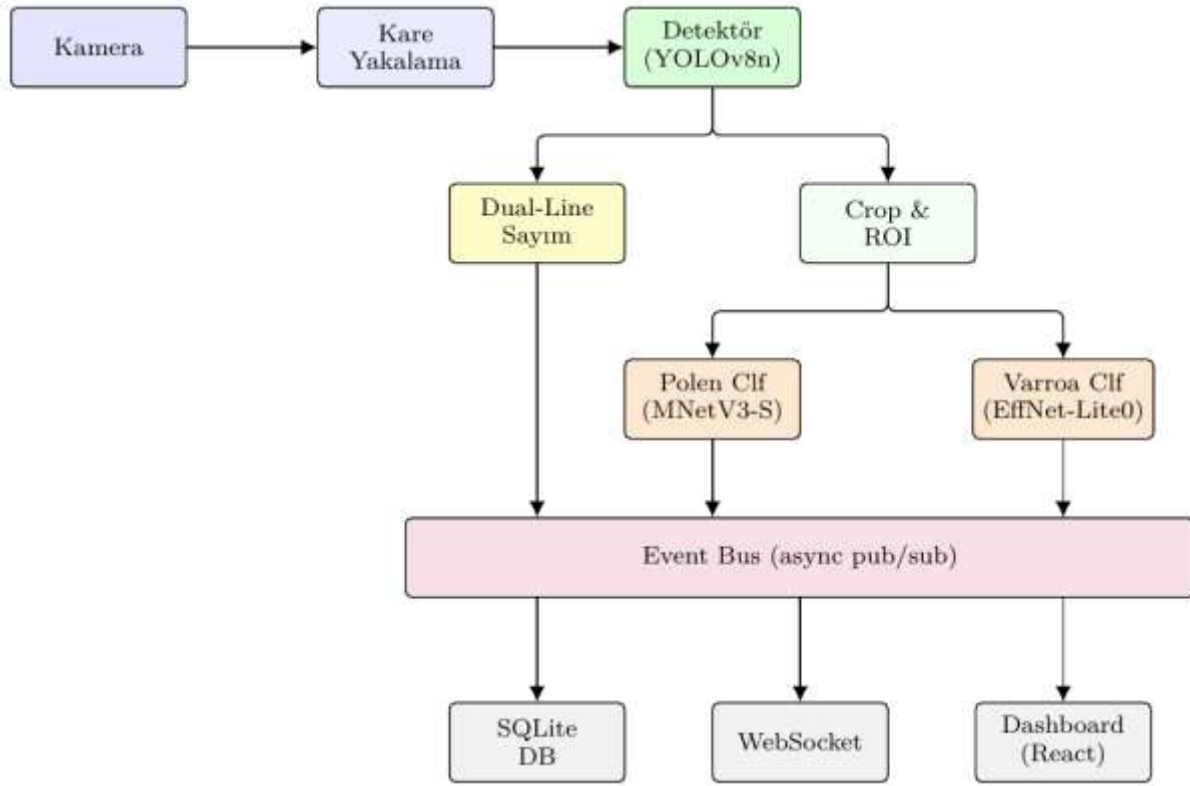
Sayım, polen ve Varroa bileşenlerini tek bir izleme sisteminde birleştiren en yakın çalışma, kovan girişinde YOLOv7-tiny tabanlı takip ile arı, polen ve Varroa izlemeyi bir arada sunan IntelliBeeHive'dır (Narcia-Macias vd., 2023). Sunulan çalışma bu sistemden dört noktada ayrılır: (i) kalıcı kimlik tutan bir tracker yerine iki sanal çizgi üzerinde kısa-ufuklu eşleştirmeye dayalı kimliksiz sayım; (ii) tek bir çok-sınıflı dedektör yerine her görev için ayrı ve hafif modellerden oluşan modüler bir yapı; (iii) yalnızca kamuya açık veri setleriyle eğitim ve eğitim protokollerinin açık raporlanması; (iv) ONNX tabanlı kenar konuşlanma ile birlikte ayrıntılı doğruluk-gecikme bütçesinin raporlanması.

Dikkat mekanizmaları ve dengesiz öğrenme bakımından CBAM (Woo vd., 2018), kanal ve mekânsal eksenlerde düşük maliyetli bir dikkat modülüdür ve ince-taneli sınıflandırmada sıklıkla katkı sağlar. Focal loss (Lin vd., 2017) ve sınıf-dengeli (class-balanced) kayıp (Cui vd., 2019), pozitif örneklerin nadir olduğu (örn. Varroa) görevlerde standart araçlardır. Sayım ve sınıflandırma bileşenleri, derin öğrenmenin yanı sıra IoU ve ROI gibi klasik görüntü işleme kavramlarından da yararlanır (Gonzalez & Woods, 2018; Szeliski, 2022).

2. YÖNTEM

2.1. Genel Sistem Mimarisi

Sistem dört temel aşamadan oluşur: (1) kare yakalama, (2) arı tespiti, (3a) iki-çizgi sayımı ile (3b) polen ve Varroa sınıflandırması, (4) olay yayını, kalıcılaştırma ve canlı görselleştirme. Üç model paralel değil, akış üzerinde art arda çalışır: bir karedeki tüm tespitler tek bir partide (batch) hem polen hem Varroa sınıflandırıcısına gönderilir; sayım algoritması ise tespitleri zincirleyerek geçişleri belirler. Olay otobüsü (event bus); bağlantı kopması durumunda kaybı tolere eden ve aboneleri (veritabanı yazıcısı, WebSocket) zayıf bağlı tutan asenkron bir pub/sub yapısıdır. Genel mimari Şekil 1'de verilmiştir.



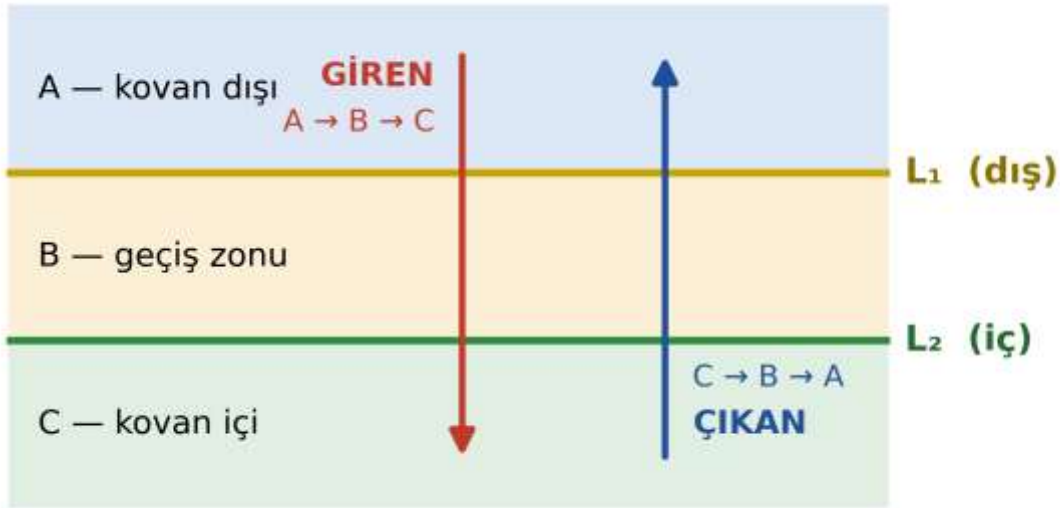
Şekil 1. Önerilen üç modelli kenar yapay zekâ işlem hattı. Şema mantıksal görev ayrımını göstermektedir; polen ve Varroa sınıflandırıcıları çalışma zamanında paralel değil, ardışık yürütülmektedir.

2.2. Nesne Tespiti ve İki Çizgili Sayım

Detektör, kovan girişine üstten yerleştirilen kameradan alınan her kare üzerinde tek sınıf ("bee") tespiti yapar. Roboflow üzerinde paylaşılan üstten-görünüm arı tespiti veri setinin v4 sürümü kullanılmış ve tüm sınıflar tek bir "bee" sınıfına eşlenmiştir; çünkü polen ve Varroa ayrımları ayrı sınıflandırıcılarla yapılmakta olup detektörden yalnızca konum bilgisi beklenmektedir. NMS parametreleri, yoğun sahneler (kare başına ortalama ~16 arı) uygun biçimde $IoU = 0,45$ ve $conf = 0,25$ olarak ayarlanmıştır.

Klasik trackerlar (DeepSORT, Wojke vd., 2017; ByteTrack, Zhang vd., 2022) kalıcı kimlik tutar; bu, hem bellek/işlemci maliyeti hem de uzun ufukta kimlik kayması riski anlamına gelir. Kovan girişi sayımında yalnızca çizgi geçişi doğrultusu bilinmek istendiğinden bu yöntemler gereğinden fazla güçlüdür. Önerilen algoritmada görüntüye, kovan girişine paralel iki yatay sanal çizgi yerleştirilir: L1 (dış) ve L2 (iç). Aralarındaki bölge geçiş zonu olarak adlandırılır ve üç bölge {A, B, C} tanımlanır (Şekil 2). Her tespitin merkez noktasına göre bölge belirlenir; bir önceki kareden gelen tüketilmemiş zincirlerle önce IoU , IoU eşik altında ise merkez-mesafesi eşleştirmesi denir. Zincirin bölge geçmişindeki ardışık tekrarlar (örn. A, A, B, B, B, C) daraltılır (collapse) ve elde edilen alt-dizide (A, B, C) örüntüsü giriş, (C, B, A) örüntüsü çıkış olarak yorumlanır. Mikro-titreşimleri elemek için, zincir boyunca toplam merkez-ötelemesi 5 pikselin altında kalan zincirler düşürülür (bu eşik deneylerde 5 piksel olarak sabitlenmiştir). Eşleştirme açgözlü (greedy) biçimde yapılır: her tespit, en yüksek IoU değerine sahip tüketilmemiş zincirle eşlenir; birden fazla aday bulunduğunda en yüksek IoU , eşitlik durumunda ise en küçük merkez-mesafesi tercih edilir. Bir zincir sekiz kare (≈ 270 ms) boyunca hiçbir tespitle eşleşmezse tampondan düşürülür; sayılan her zincir bir kez "tüketildi" olarak işaretlenerek çoklu sayım engellenir. Bu yaklaşım kalıcı bir takip kimliği üretmez; yalnızca çizgi geçişine kadar kısa-sürelili ilişkilendirme yapar. Algoritma

tümüyle durumsuz değildir: son sekiz kare (≈ 270 ms) boyunca zincirlerin bölge geçmişini ve "tüketildi" bayrağını tutar. Ayrım, kalıcı ve uzun-ufuklu kimlik yerine yalnızca kısa-ufuklu, geçici bir durum taşınmasıdır.



Şekil 2. İki sanal çizgi tabanlı sayım geometrisi. Üstteki L₁ (dış) ile alttaki L₂ (iç) çizgileri A (kovan dışı), B (geçiş zonu) ve C (kovan içi) bölgelerini tanımlar; A → B → C zincirleri giren, C → B → A zincirleri çıkan olarak yorumlanır.

2.3. Polen ve Varroa Sınıflandırıcıları

Polen taşıyan arılarda corbícula (arka bacak baldırı) sarı–turuncu peletle dikkat çeker ve üstten görünümde bu özellik genellikle karenin alt yarısında yoğunlaşır. Bu nedenle MobileNetV3-Small omurgasının (Howard vd., 2019) son özellik haritası üzerinde küçük (1×1 konvolüsyon + spatial softmax) bir dikkat modülü tanımlanmış; modüldeki konumsal yanlılık, eğitim başında alt üçte birlik bölgeye ağırlık veren öğrenilebilir bir prior ile başlatılmıştır. Sınıflandırıcı, her tespitin kırılmış görüntüsü üzerinde kare düzeyinde ikili karar verir.

Varroa akarı (yaklaşık 1,5 mm) arının sırtında küçük, kahverengi bir nokta olarak görünür. Kare düzeyindeki karar, gecikmeyi düşürürken tek karede net görünmeyen akarların kaçırılmasını da olası kılar. Bu zorluğa karşı (i) yüksek çözünürlüklü giriş (288×288), (ii) CBAM dikkat modülü (Woo vd., 2018) ve (iii) focal loss (Lin vd., 2017; sınıf dengesizliği için $\alpha = 0,75$, $\gamma = 2,0$) tercih edilmiştir. Pozitif sınıf oranını dengelemek için ters-frekans ağırlıklı örnekleyici (WeightedRandomSampler) kullanılmıştır. Eğitim sonunda $[0,10-0,95]$ aralığında bir karar eşiği taraması yapılmış ve kesinlik $\geq 0,5$ koşuluyla F1'i azamileştiren eşik (0,80) raporlanmıştır. Bu tarama ayrı bir doğrulama kümesinde değil, test kümesi üzerinde yürütülmüştür; dolayısıyla eşik seçimi ile nihai değerlendirme aynı veriyi paylaşmakta ve raporlanan Varroa test metrikleri bir miktar iyimser olabilmektedir (bkz. 4. bölüm). Yöntemsel olarak doğru olan, eşiğin doğrulama kümesinde seçilip sabitlenmesi ve test kümesinin yalnızca nihai raporlama için kullanılmasıdır.

2.4. Veri Setleri ve Eğitim

Tüm modeller yalnızca kamuya açık veri setleriyle eğitilmiştir (Tablo 1). Polen veri seti (Rodríguez vd., 2018) doğrudan kovan girişi videosundan çıkarılmış kare-bazlı ikili etiketlemeler içerir. Varroa veri seti (Schurischuster & Kampel, 2020) kontrollü koşullarda yüksek çözünürlüklü (160×280) tek-arı kırpıntıları sunar; eğitim sırasındaki agresif geometrik ve foto-metrik veri genişletme (augmentation) ile saha koşullarına aktarım hedeflenmiştir. Tespit veri seti, Roboflow üzerinde paylaşılan "honey-bee-detection-model" setinin v4 sürümüdür. Polen veri seti kovan girişi videolarından çıkarılmış kareler içerdiğinden, görüntü düzeyinde yapılan

bir bölmede birbirini izleyen ve büyük ölçüde benzeşen karelerin farklı kümelerle düşmesi olasıdır; bu durum polen sonuçlarını ($F1 = 0,974$) bir miktar iyimser kılabilir.

Tablo 1. Veri setleri: kamuya açık kaynaklar ve görüntü sayıları.

Görev	Kaynak	Eğitim / Doğrulama / Test	Test (poz / neg)
Tespit	Roboflow v4	1738 / 176 / 122	1287 kutu
Polen	PollenDataset (Rodríguez vd., 2018)	499 / 106 / 109	56 / 53
Varroa	VarroaDataset (Schurischuster & Kampel, 2020)	7643 / 1798 / 3202	736 / 2466

Eğitim reçeteleri. Tespit modeli, ultralytics tarafından sağlanan standart SGD reçetesiyle ($lr0 = 0,01$, kosinüs azalma, 100 epoch, patience = 20) eğitilmiştir. Polen modeli; AdamW ($lr = 10^{-3}$, ağırlık çürümesi = 10^{-2}), kosinüs azalma ve etiket-yumuşatmalı çapraz-entropi (smoothing = 0,1) ile 50 epoch (patience = 15) boyunca eğitilmiştir. Varroa modeli; AdamW ($lr = 10^{-3}$), focal loss ($\alpha = 0,75$, $\gamma = 2,0$), ters-frekans WeightedRandomSampler ve sınıf-içi MixUp/CutMix ile 40 epoch boyunca eğitilmiştir. Küçük veri setlerinde EMA (exponential moving average) ağırlıklarının çok yüksek decay (0,9995) ile başlangıç ağırlıklarına saplandığı gözlemlenmiş; bu kırılganlık, EMA'nın küçük-veri rejiminde devre dışı bırakılması veya decay'in adım sayısına orantılı küçültülmesiyle giderilmiştir.

2.5. Kenar Konuşlanma

Tüm modeller PyTorch'ta eğitildikten sonra ONNX 17 opset ile dışa aktarılmış ve onnxruntime üzerinde doğrulanmıştır. Hedeflenen konuşlanma platformları iki tanedir: Jetson Nano (JetPack 4.6.4) + TensorRT (GStreamer + DeepStream pipeline'i; INT8 kalibrasyonu için en az 200 temsili kare gereklidir) ve Raspberry Pi 5 + Hailo-8L AI HAT (HailoRT ile .hef formatına derleme; INT8 kalibrasyon kümesi Hailo Model Zoo aracılığıyla sağlanır).

3. BULGULAR

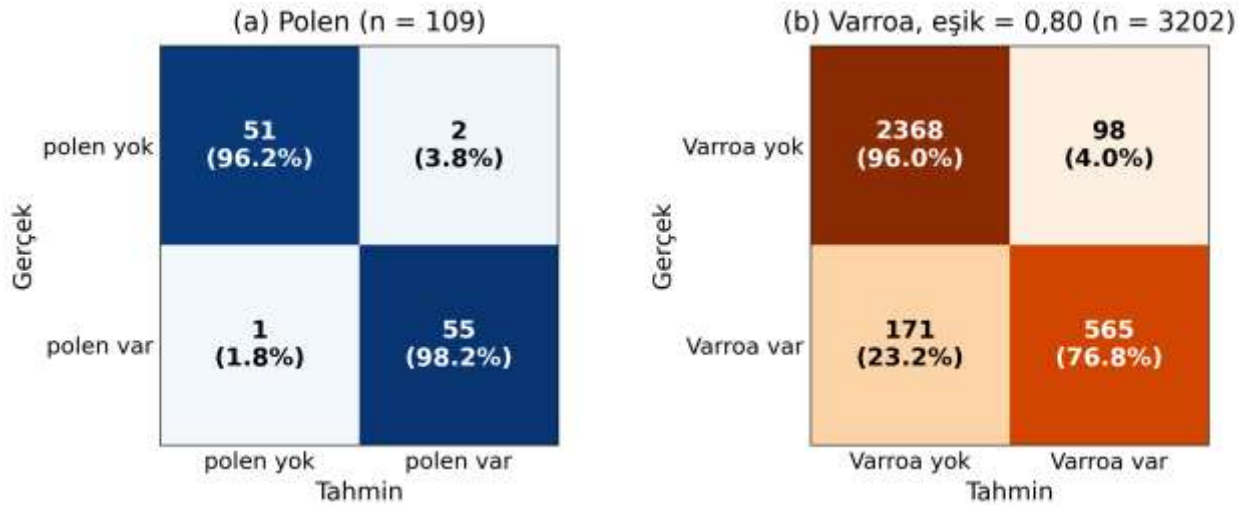
3.1. Doğruluk

Tablo 2, test kümelerinde üç modelin temel metriklerini özetler. Tespit modeli $mAP@0,5 = 0,935$; polen sınıflandırıcısı $F1 = 0,974$ ($ROC-AUC = 0,990$); Varroa sınıflandırıcısı ise 0,80 eşliğinde $F1 = 0,808$ (duyarlılık = 0,768; $ROC-AUC = 0,951$) değerlerine ulaşmıştır. Varroa için karar eşiği ayrı bir doğrulama kümesinde değil, aynı test kümesi üzerindeki tarama ile belirlendiğinden, bu satırdaki eşik-bağımlı değerler ($F1$, kesinlik, duyarlılık) bağımsız bir doğrulama sonucu değil, post-hoc ve iyimser yanlı bir performans tahminidir. $ROC-AUC$ karar eşiği seçiminden etkilenmeyen eşik-bağımsız bir ölçüttür; ancak o da aynı test kümesi üzerinde hesaplanmış bir iç değerlendirme sonucudur ve bağımsız dış doğrulama yerine geçmez.

Tablo 2. Test kümelerinde modellerin temel metrikleri. Varroa satırındaki eşik-bağımlı değerler (eşik = 0,80), eşğin aynı küme üzerinde seçilmiş olması nedeniyle keşifsel niteliktedir.

Model	Ana metrik	Kesinlik	Duyarlılık	AUC
Tespit (YOLOv8n)	0,935 (mAP@0,5)	0,942	0,883	—
Polen (MNetV3-S)	0,974 (F1)	0,965	0,982	0,990
Varroa (ENL0+CBAM)	0,808 (F1)	0,852	0,768	0,951

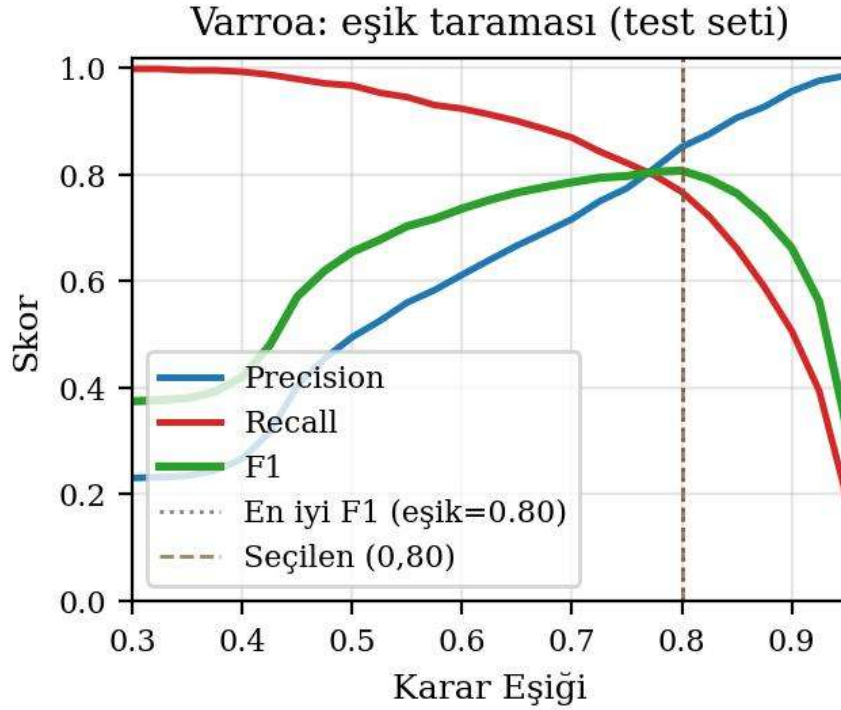
Şekil 3, polen ve Varroa test kümelerinde elde edilen karışıklık (confusion) matrislerini göstermektedir. Varroa için kesinlik–duyarlılık ödünleşimi Tablo 3'te sayısal, Şekil 4'te ise sürekli eşik üzerinde görsel olarak verilmiştir. Tablo 3 ve Şekil 4, eşik seçiminin duyarlılığını göstermek amacıyla test kümesi üzerinde sonradan (post-hoc) yürütülmüş tanısal bir taramadır; eşik ayrı bir doğrulama kümesinde sabitlenmediğinden 0,80 için raporlanan değerler bir miktar iyimser kabul edilmelidir. Buna karşın F1'in 0,725–0,800 aralığında görece düz seyretmesi (0,794–0,808), bu iyimserliğin sınırlı olduğuna işaret eder; 0,850 ve üzerinde F1 hızla düşmektedir (0,765). Eşikten bağımsız bir ölçüt olan ROC-AUC = 0,951 ise eşik seçiminden etkilenmez; ancak o da aynı test kümesi üzerinde hesaplanmış bir iç değerlendirmedir ve bağımsız dış doğrulama sonucu değildir. Pratikte; duyarlılığı önceleyen bir konuşlanma için 0,725 eşığı (duyarlılık = 0,844; F1 = 0,794), dengeli bir konuşlanma için ise 0,80 eşığı önerilmektedir.



Şekil 3. Test kümelerinde karışıklık matrisleri: (a) Polen (n = 109), (b) Varroa (n = 3202, eşik = 0,80).

Tablo 3. Varroa test kümesinde karar eşığı taraması (test verisi üzerinde post-hoc tanısal analiz).

Eşik	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1
0,500	0,766	0,495	0,967	0,655
0,725	0,899	0,750	0,844	0,794
0,800	0,916	0,852	0,768	0,808
0,850	0,907	0,907	0,662	0,765
0,900	0,881	0,956	0,507	0,663



Şekil 4. Varroa test kümesinde sürekli karar eşiği taraması (post-hoc); F1, 0,725–0,800 aralığında görece düzdür (0,794–0,808) ve 0,850 üzerinde hızla düşer.

3.2. Gecikme, İşleme Hızı ve Model Ayak İzi

Tüm gecikme ölçümleri Apple M4 Pro üzerinde ONNX Runtime CPU FP32 yapılandırmasıyla, 10 ısınma + 100 ölçüm tekrarıyla alınmış ve ortalama $\pm$ standart sapma olarak raporlanmıştır (Tablo 4, Şekil 5). Sınıflandırıcılar için batch boyutu arttıkça örnek başına maliyet düşmekte; bu da sahnedeki arı sayısı arttığında pipeline'ın iş verimini artırmaktadır.

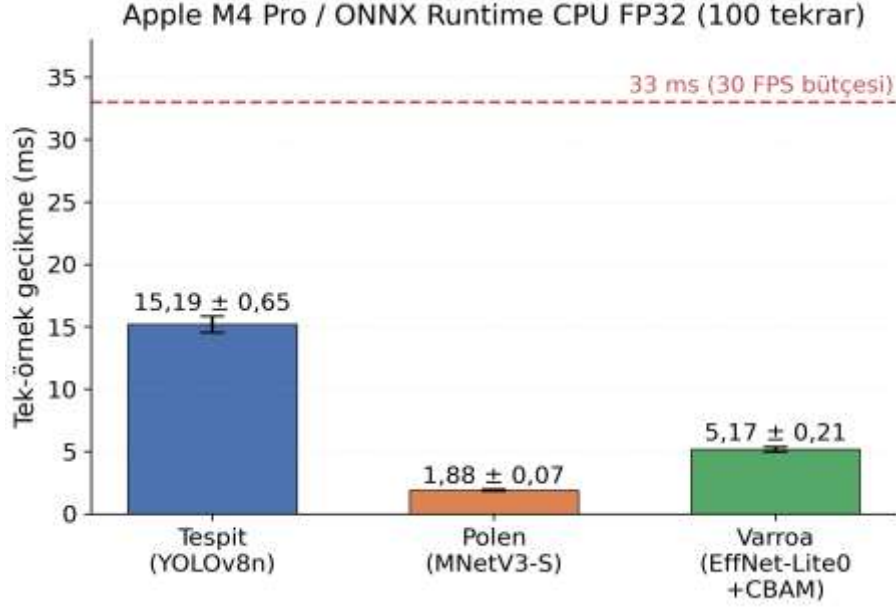
Tablo 4. Apple M4 Pro / ONNX Runtime CPU FP32 üzerinde tek-örnek ve batched gecikme.

Model	Parametre	Boyut (MB)	Tek örnek (ms)	b = 32 (ms/örnek)
Tespit (YOLOv8n)	3,01 M	6,2	15,19 $\pm$ 0,65	–
Polen (MNetV3-S)	1,52 M	6,1	1,88 $\pm$ 0,07	1,22
Varroa (ENL0+CBAM)	3,58 M	14,3	5,17 $\pm$ 0,21	4,58

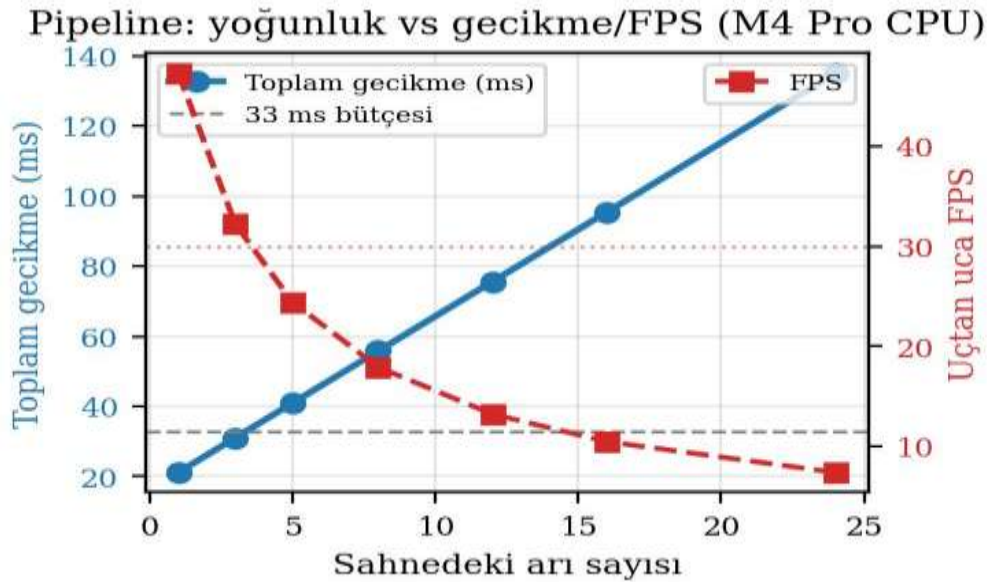
Tablo 5 ve Şekil 6, işlem hattının uçtan uca davranışını farklı sahne yoğunluklarında özetler. İki sınıflandırıcı aynı kare için art arda (ardışık) çalıştığından, sınıflandırma maliyeti iki modelin örnek başına maliyetlerinin toplamıyla modellenir: batched rejimde yaklaşık $1,22 + 4,58 = 5,80$ ms/arı. Bu model Tablo 5'teki ölçümlerle uyumludur (3 arı için $3 \times 5,80 \approx 17$ ms; 8 arı için $8 \times 5,80 \approx 46$ ms); 16 arıda ölçülen 80 ms, parti boyutu büyüdükçe artan bellek/işlem verimi nedeniyle doğrusal tahminin (≈ 93 ms) bir miktar altında kalmaktadır. Hedef bütçe (< 33 ms, yani 30 FPS) yalnızca seyrek sahnelerde (3 arı; 32 ms, ≈ 30 FPS) CPU üzerinde tutturulmuştur; orta yoğunlukta (8 arı) 61 ms ile ≈ 16 FPS'e, yoğun sahnelerde (16 arı) 95 ms ile ≈ 10 FPS'e düşülmektedir. Bu iki rejimde bütçenin tutturulması, hedef kenar donanımında (Jetson Nano TensorRT INT8 veya Hailo-8L) elde edilecek ek hızlanmaya bağlıdır. Bu çalışmada söz konusu platformlarda ölçüm yapılmamıştır; kuantizasyon ve donanıma bağlı gerçek kazanım, gelecek donanım deneyleriyle ölçülecektir.

Tablo 5. Apple M4 Pro / CPU üzerinde uçtan uca pipeline gecikmesi ve FPS.

Yoğunluk	Tespit (ms)	Sayım (ms)	Sınıfl. (ms)	Toplam (ms)	FPS
3 arı	15	< 1	17	32	30
8 arı	15	< 1	46	61	16
16 arı	15	< 1	80	95	10



Şekil 5. Tek-örnek model gecikmeleri (M4 Pro / ONNX Runtime CPU FP32; ortalama ± standart sapma, 100 tekrar). Kesikli çizgi, 30 FPS karşılığı 33 ms bütçesini gösterir.



Şekil 6. Sahne yoğunluğuna göre uçtan uca işlem hattı gecikmesi ve FPS. Grafikteki noktalar 1–24 arı aralığında alınan ölçümlerdir; Tablo 5, bunlardan seyrek (3 arı), orta (8 arı) ve yoğun (16 arı) olmak üzere üç temsili yoğunluğu bileşen düzeyinde ayrıntılandırır. Sınıflandırma maliyeti arı sayısı ile yaklaşık doğrusal artar.

3.3. Uçtan Uca Görsel Doğrulama

Eğitilen modeller, 60 saniyelik bir kovan girişi videosu üzerinde canlı bir FastAPI + WebSocket gösterge paneliyle uçtan uca çalıştırılmıştır. Her karede tespit edilen kutular polen-pozitif için sarı, Varroa-pozitif için kırmızı renkte çizilmiş; HUD üzerinde anlık IN/OUT sayaçları ile polen ve Varroa oranları gösterilmiştir. Üç model bu video üzerinde uçtan uca çalıştırılmış ve farklı sahne yoğunluklarında yaklaşık 10–30 FPS aralığında işleme hızına ulaşılmıştır (Tablo 5); sayım, yalnızca çizgi geçişlerinde tetiklenmiştir. HUD'da gösterilen polen ve Varroa oranları, o karedeki tespitler üzerinden hesaplanan kare düzeyinde oranlardır (pozitif tespit / toplam tespit); aynı arı ardışık karelerde yeniden tespit edildiğinden bu oranlar benzersiz arı oranı değil, anlık bir aktivite göstergesidir. Daha savunulabilir olan, bir zincir boyunca kare olasılıklarını birleştirip çizgi geçişi başına tek bir polen/Varroa kararı üretmektir; bu toplulaştırma gelecek çalışmaya bırakılmıştır. Şekil 7, çalışan işlem hattından alınmış anotasyonlu bir kare örneğini sunar.



Şekil 7. Çalışan işlem hattından alınmış anotasyonlu örnek kare (sahnede 3 arı); sarı çizgi L₁, yeşil çizgi L₂, sol üstteki HUD anlık IN/OUT sayaçlarını ve kare düzeyindeki polen/Varroa oranlarını gösterir. Kırmızı kutu, modelin Varroa-pozitif tahminini göstermektedir; bu kare için saha doğrulamalı gerçek etiket bulunmamaktadır. Gecikme ve FPS değerleri bu kareden değil, Tablo 4 ve Tablo 5'teki ölçümlerden okunmalıdır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Önerilen iki-çizgi algoritması, kovan girişine özgü dar bir geometride çalıştığından, kalıcı kimlik tutan bir tracker'ın işlevini çok daha düşük maliyetle yerine getirmektedir. Başlıca ödünleşim, kare başına vücutundan büyük yer değiştiren çok hızlı arıların kaçırılmasıdır; merkez-mesafesi geri çekilmesi ve buffer derinliği (8 kare $\approx$ 270 ms) bu kaçırma pratiğinde büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır.

Alan (domain) kayması, çalışmanın en belirgin kısıtıdır. Varroa modeli kontrollü, yakın çekim ve tek-arı görüntüleriyle eğitilmiş; hedef uygulama ise hareketli ve üstten çekilmiş kovan girişi sahneleridir. Bu çapraz-alan farkı, sahada yanlış-pozitif eğilimi doğurmaktadır. Bu nedenle sistemin Varroa çıktısı, gerçek enfestasyon oranının kendisi olarak değil, görüntüde seçilebilen Varroa-pozitifliğine ilişkin bir vekil gösterge olarak yorumlanmalıdır; saha verisiyle ince-ayar (fine-tune) ve etiketli saha testi, gelecek çalışmanın merkezindedir.

Sayım bileşeni için bir altın standart bulunmaması ise ikinci temel kısıttır. Manuel olarak etiketlenmiş giren/çıkan geçiş verisi bulunmadığından sayım doğruluğu doğrudan ölçülememiştir; sistemin sayım bileşeni bu çalışmada nicel olarak doğrulanmış sayılmamalıdır. Gelecek çalışmada, gerçek kovan videolarında insan etiketli geçişler üzerinden olay düzeyinde kesinlik, duyarlılık ve F1; yön doğruluğu; toplam sayım hatası (MAE/MAPE) ve ByteTrack/DeepSORT gibi kimlik-koruyan yöntemlerle karşılaştırma raporlanmalıdır.

Mimari bileşenlerin katkıları da bu çalışmada ayrıştırılmamıştır. Polen modelinde uzamsal dikkat modülü ve konumsal önsel; Varroa modelinde CBAM, focal loss, ağırlıklı örnekleme ve MixUp/CutMix birlikte kullanılmıştır. Bu bileşenlerin tek tek katkısını ölçen bir ablasyon çalışması yapılmadığından, raporlanan başarımın hangi bileşenden ne ölçüde kaynaklandığı bu çalışmada nicelendirilememiştir; bileşen bazlı ablasyon gelecek çalışmaya bırakılmıştır.

Değerlendirme açısından bir diğer kısıt, karar eşiğinin seçildiği veridir: Varroa karar eşiği ayrı bir doğrulama kümesinde değil, test kümesi üzerindeki tarama ile seçilmiştir (Tablo 3, Şekil 4). Bu, eşik seçimi ile nihai değerlendirmenin aynı veriyi paylaşması anlamına gelir ve raporlanan Varroa metriklerini bir miktar iyimser kılar. Yeniden yapılandırılmış bir değerlendirmede eşik, doğrulama kümesinde sabitlenmeli ve test kümesi yalnızca nihai raporlama için kullanılmalıdır.

Kenar bütçesine geçiş açısından ise tüm hız ölçümleri Apple M4 Pro CPU üzerinde alınmıştır ve bir taban çizgisi niteliğindedir; Jetson Nano ve Hailo-8L bu çalışmada hedef platform olarak tanımlanmış, ancak bu cihazlarda ölçüm yapılmamıştır. INT8 kuantizasyonunun hedef GPU/NPU platformlarında ek hızlanma sağlaması beklenmektedir; gerçek kazanım model, derleyici sürümü ve donanımına bağlı olduğundan gelecek donanım deneyleriyle ölçülecektir. Pratik bir kovan sağlığı izleme aracı için, F1'i değil geri-çağırmaı önceleyen bir konuşlanma eşiği (örn. Varroa için 0,725) önerilir: kovan başına gerçek-pozitif yakalama olasılığı artar, yanlış-pozitifler ise insan denetiminde filtrelenebilir.

Sonuç olarak bu çalışmada; kovan girişine yerleştirilen üstten görünümlü tek bir kamera üzerinde sayım, polen ve görsel Varroa-pozitifliği tespitini eşzamanlı yürüten, tek bir bilgisayar üzerinde çalışabilen uçtan uca bir yapay zekâ işlem hattı sunulmuş ve uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Mevcut veri bölmeleri üzerinde tespit modeli $mAP@0,5 = 0,935$, polen modeli ise $F1 = 0,974$ değerlerine ulaşmıştır; polen bölmesi görüntü düzeyinde yapıldığından bu değer bir miktar iyimser olabilir. Varroa modeli, aynı test kümesinde post-hoc seçilen 0,80 eşiğinde $F1 = 0,808$ (duyarlılık = 0,768; ROC-AUC = 0,951) üretmiş olup bu eşik-bağımlı değer keşifsel niteliktedir. Uçtan uca işlem hattı M4 Pro CPU üzerinde seyrek sahnelerde ≈ 30 FPS, orta yoğunlukta ≈ 16 FPS ve yoğun sahnelerde ≈ 10 FPS ile çalışmıştır. Sayım bileşeninin doğruluğu, etiketli geçiş verisi bulunmadığından bu aşamada nicel olarak doğrulanmamıştır; Varroa karar eşiği ise test kümesi üzerinde seçildiğinden ilgili metrikler bir miktar iyimser kabul edilmelidir. Gelecek çalışmalar beş yönde planlanmaktadır: (i) manuel etiketli geçiş verisi oluşturularak sayım doğruluğunun olay düzeyinde (kesinlik, duyarlılık, F1, yön doğruluğu, MAE/MAPE) nicelendirilmesi ve kimlik-koruyan yöntemlerle karşılaştırılması; (ii) Varroa karar eşiğinin doğrulama kümesinde sabitlenip test kümesinin yalnızca nihai raporlama için kullanılması; (iii) polen ve Varroa veri bölmelerinin video/sekans bazlı grupta ile yeniden yapılması; (iv) farklı kovan ve yıl-mevsim koşullarını içeren saha videolarıyla Varroa sınıflandırıcısının ince-ayarı; (v) Jetson Nano TensorRT INT8 ile Raspberry Pi 5 + Hailo-8L üzerinde uçtan uca gerçek-zaman bütçesinin ölçülmesi.

KAYNAKLAR

- Bilik, S., Kratochvila, L., Ligocki, A., Bostik, O., Zemcik, T., Hybl, M., ... & Zalud, L. (2021). Visual diagnosis of the varroa destructor parasitic mite in honeybees using object detector techniques. *Sensors*, 21(8), 2764.
- Bjerge, K., Frigaard, C. E., Mikkelsen, P. H., Nielsen, T. H., Misbih, M., & Kryger, P. (2019). A computer vision system to monitor the infestation level of Varroa destructor in a honeybee colony. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104898.
- Cui, Y., Jia, M., Lin, T. Y., Song, Y., & Belongie, S. (2019). Class-balanced loss based on effective number of samples. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 9268-9277).
- Gonzalez, R. C. (2009). *Digital image processing*. Pearson education india.
- Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L. C., Chen, B., Tan, M., ... & Adam, H. (2019). Searching for mobilenetv3. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision* (pp. 1314-1324).
- Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). *Ultralytics YOLOv8*. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- Lin, T. Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. (2017). Focal loss for dense object detection. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2980-2988).
- Narcia-Macias, C. I., Guardado, J., Rodriguez, J., Park, J., Rampersad-Ammons, J., Enriquez, E., & Kim, D. C. (2024, December). IntelliBeeHive: An automated honey bee, pollen, and Varroa destructor monitoring system. In *2024 International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)* (pp. 845-850). IEEE.
- Ngo, T. N., Wu, K. C., Yang, E. C., & Lin, T. T. (2019). A real-time imaging system for multiple honey bee tracking and activity monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104841.
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., ... & vanEngelsdorp, D. (2019). Varroa destructor feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792-1801.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- Rodriguez, I. F., Chan, J., Alvarez Rios, M., Branson, K., Agosto-Rivera, J. L., Giray, T., & Mégret, R. (2022). Automated video monitoring of unmarked and marked honey bees at the hive entrance. *Frontiers in Computer Science*, 3, 769338.
- Rodriguez, I. F., Megret, R., Acuna, E., Agosto-Rivera, J. L., & Giray, T. (2018, March). Recognition of pollen-bearing bees from video using convolutional neural network. In *2018 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV)* (pp. 314-322). IEEE.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of Varroa destructor. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S96-S119.
- Schurischuster, S., & Kampel, M. (2020). *VarroaDataset*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4085043>

- Schurischuster, S., Remeseiro, B., Radeva, P., & Kampel, M. (2018, June). A preliminary study of image analysis for parasite detection on honey bees. In International Conference Image Analysis and Recognition (pp. 465-473). Cham: Springer International Publishing.
- Szeliski, R. (2022). Computer vision: algorithms and applications. Springer Nature.
- Tan, M., & Le, Q. (2019, May). Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In International conference on machine learning (pp. 6105-6114). PMLR.
- Traynor, K. S., Mondet, F., de Miranda, J. R., Techer, M., Kowallik, V., Oddie, M. A., ... & McAfee, A. (2020). Varroa destructor: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. Trends in parasitology, 36(7), 592-606.
- Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017, September). Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP) (pp. 3645-3649). IEEE.
- Woo, S., Park, J., Lee, J. Y., & Kweon, I. S. (2018). Cbam: Convolutional block attention module. In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV) (pp. 3-19).
- Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., ... & Wang, X. (2022, October). Bytetrack: Multi-object tracking by associating every detection box. In European conference on computer vision (pp. 1-21). Cham: Springer Nature Switzerland.

AlSi11MgSr DÖKÜM ALAŞIMINDA BEKLETME SÜRESİNE BAĞLI DEMİR (Fe) DİFÜZYONUNUN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

MSc. Muharrem İltan İncedere^{1*} ORCID: 0009-0006-93852684 iltan_incedere@hotmail.com ,

Prof. Dr. Yavuz Sun² ORCID: 0000-0002-7336-5591 ysun@karabuk.edu.tr

^{1,2}Karabük Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Karabük, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, otomotiv ve savunma sanayisinde yaygın olarak kullanılan AlSi11MgSr döküm alaşımının ergitme bölgesinde bekletilme süresine (1 ve 2 saat) bağlı olarak potadan eriyiğe geçen Demir (Fe) difüzyonunun (sludge oluşumu) mikroyapı, akışkanlık ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, artan bekletme süresinin matris içerisindeki Fe oranını %0,11'den %0,82 seviyelerine çıkardığını ve yapıda kaba, asiküler monoklinik β -Fe (Al₅FeSi) intermetalik fazlarının çekirdeklenmesine yol açtığını göstermiştir. Bu durum sıvı metal akışkanlığını %39 oranında düşürürken, malzemenin gevrek kırılmasına neden olmuştur.

1. Giriş

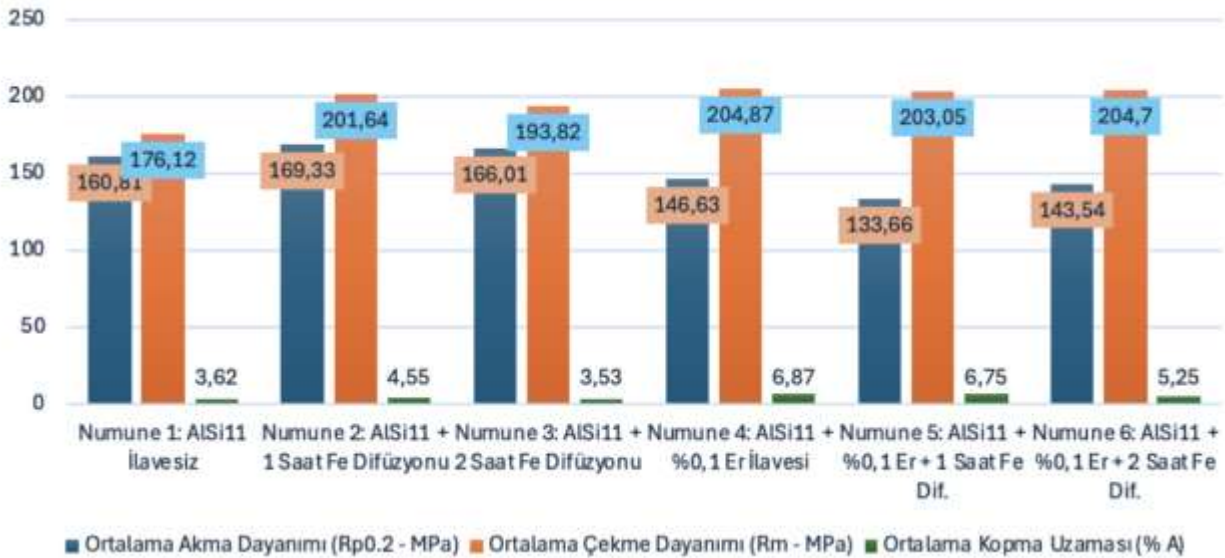
Alüminyum-Silisyum (Al-Si) alaşımları, üstün dökülebilirlik ve spesifik mukavemet özellikleri sayesinde kritik mühendislik uygulamalarında geniş kullanım alanı bulmaktadır. Ancak ergitme ve bekletme süreçlerinde pota ekipmanlarından sıvı metale difüze olan demir (Fe), yapı içerisinde β -Fe (Al_5FeSi) intermetalik fazlarını (sludge) oluşturmaktadır. Bu çalışma, endüstriyel dökümhane koşullarında zamana bağlı demir kirlenmesinin döküm kalitesine etkisini numuneler üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Ticari saflıkta $AlSi11$ külçeleri $700^\circ C$ sıcaklıkta SiC potada ergitilmiştir. Fe difüzyonunu simüle etmek amacıyla sıvı metal içerisine çelik çubuk daldırılarak 1 ve 2 saatlik bekletmeler uygulanmıştır (Numune 1: İlavesiz, Numune 2: 1 Saat Fe Difüzyonu, Numune 3: 2 Saat Fe Difüzyonu). Gaz giderme işleminin ardından $250^\circ C$ 'ye ısıtılmış çelik kokil kalıplara döküm yapılmıştır. Akışkanlık ölçümleri spiral kalıp ile yapılmış, mikroyapı SEM/EDS ile, kimyasal bileşim ise XRF ile karakterize edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

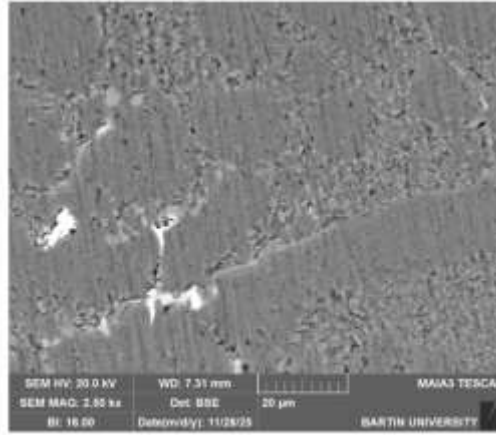
Analiz sonuçları, artan Fe difüzyonu ile sıvı metal kalitesinin ve mekanik performansın zafiyete uğradığını göstermiştir.



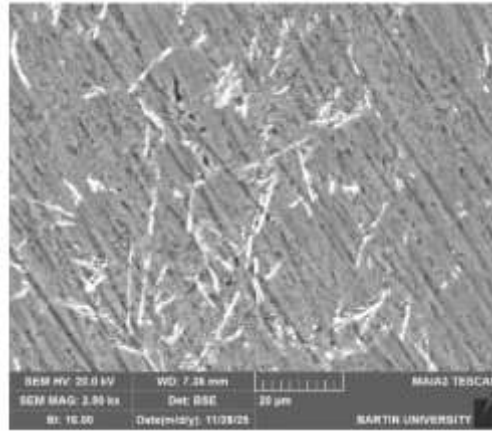
Şekil 3.1: Döküm Parametrelerine Göre Ortalama Çekme Testi Grafik Sonuçları

- ✓ Kimyasal Bileşim ve Akışkanlık: Fe oranı Numune 1'de %0,11 iken Numune 3'te %0,82'ye yükselmiştir. Bu kirlenme, viskoziteyi artırarak spiral akışkanlığını 302 mm'den 184 mm'ye düşürmüştür.
- ✓ Mikroyapısal Evrim: SEM analizlerinde, 2 saatlik bekletme sonucunda α -Al matrisini bir ağ gibi saran devasa ve keskin hatlı β -Fe iğneleri tespit edilmiştir.

- ✓ Mekanik Özellikler: Kopma uzaması 1 saatlik difüzyonda %4,55 iken, 2 saatlik difüzyonda artan β -Fe fazlarının yarattığı çentik etkisiyle %3,53'e gerilemiştir.



Şekil 3.2: İlavesiz AlSi11 Alaşımında Kaba ve Asiküler Ötektik Silisyum Parçacıkları (Numune 1).



Şekil 3.3: 2 Saat Fe Difüzyonlu Alaşımında Matrisi İşgal Eden α -Fe İntermetalikleri (Numune 3).

4. Sonuç

AlSi11 alaşımlarında sıvı metalin uzun süre bekletilmesi, demir difüzyonunu hızlandırarak malzemenin dökülebilirliğini ve tokluğunu ciddi şekilde tahrip etmektedir. Optimum mekanik performans için ergitme bölgesindeki sıvı metal bekletme süreleri asgari düzeyde tutulmalıdır.

ERBİYUM (ER) MODİFİYE EDİLMİŞ ALSi11MgSr ALAŞIMINDA DEMİR KONTAMİNASYONUNUN MODİFİKASYON SÖNÜMLENMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

MSc. Muharrem İltan İNCEDERE^{1*}

ORCID: 0009-0006-93852684 iltan_incedere@hotmail.com ,

Prof. Dr. Yavuz SUN²

ORCID: 0000-0002-7336-5591 ysun@karabuk.edu.tr

^{1,2}Karabük Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Karabük, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, nadir toprak elementi Erbiyum (%0,1 Er) ile modifiye edilen AlSi11MgSr alaşımında, zamana bağlı Demir (Fe) difüzyonunun ötektik silisyum morfolojisi ve modifikasyonun sönümlenmesi (fading) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Erbiyum ilavesi (Numune 4), ötektik silisyumu koral/lifli yapıya dönüştürerek kopma uzamasını %6,87'ye çıkarmıştır. Ancak 1 ve 2 saatlik Fe difüzyonuna (Numune 5 ve 6) maruz bırakılan eriyikte, modifikasyon etkisinin oksitlenme ile kaybolduğu ve yapıyı β -Fe iğnelerinin tekrar ele geçirerek sünekliği %5,25 seviyesine düşürdüğü tespit edilmiştir.

1. Giriş

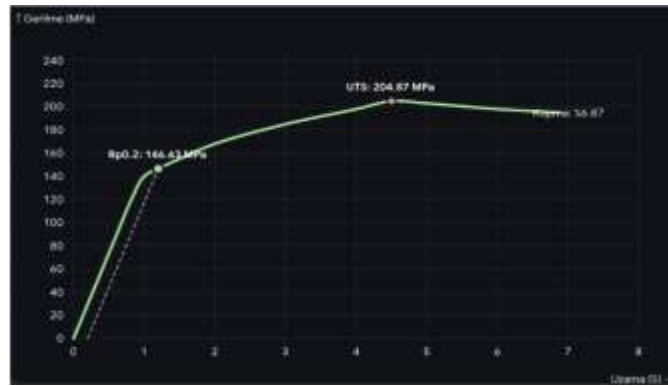
Al-Si döküm alaşımlarında kaba ve iğnesel ötektik silisyum yapısı, malzemenin sünekliğini kısıtlayan temel faktördür. Erbiyum (Er) gibi nadir toprak elementleri, ötektik silisyumu incelterek mekanik özellikleri iyileştiren güçlü modifikatörlerdir. Ancak bu elementlerin oksijen afinitesi yüksek olduğundan, uzun bekletme süreleri modifikasyon sönümlenmesine yol açabilmektedir. Bu çalışmada, Er modifikasyonu ile Fe kirliliği arasındaki metalurjik rekabet araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

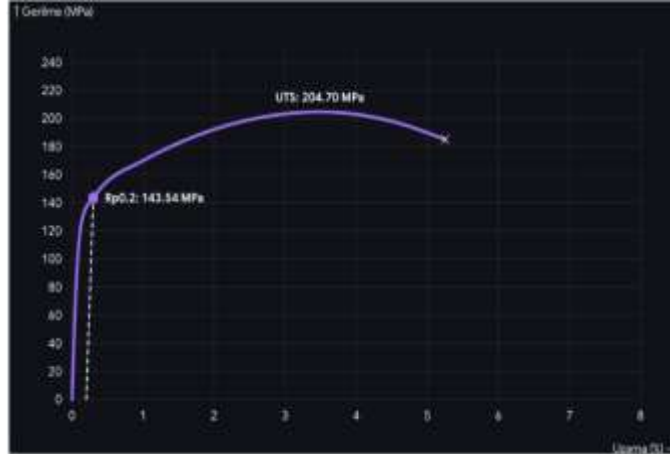
AlSi11 eriyiğine 700°C’de Al-3Er master alaşımı ile %0,1 Er ilave edilmiştir. Ardından sıvı metale 1 ve 2 saat boyunca çelik çubuk daldırılarak Fe difüzyonu sağlanmıştır (Numune 4: Sadece %0,1 Er İlavesi, Numune 5: %0,1 Er + 1 Saat Fe Difüzyonu, Numune 6: %0,1 Er + 2 Saat Fe Difüzyonu). Dökümler standart kokil kalıplara yapılmış ve numuneler oda sıcaklığında çekme testi, spiral akışkanlık, mikroyapı (SEM/EDS) ve XRF yöntemleriyle incelenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Erbium ilavesi ve sonrasında gelişen sönümlenme davranışının temel sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

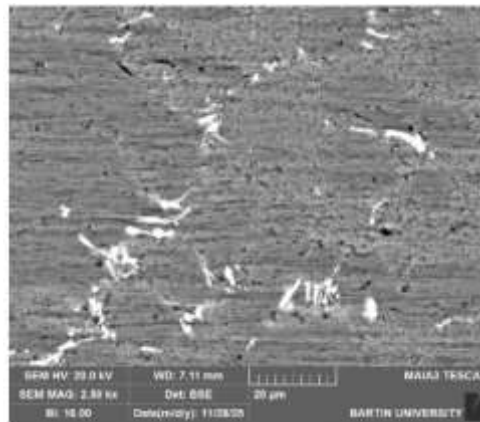


Şekil 3.1: Numune 4 AlSi11 + %0,1 Er İlaveli Çekme Grafiği.

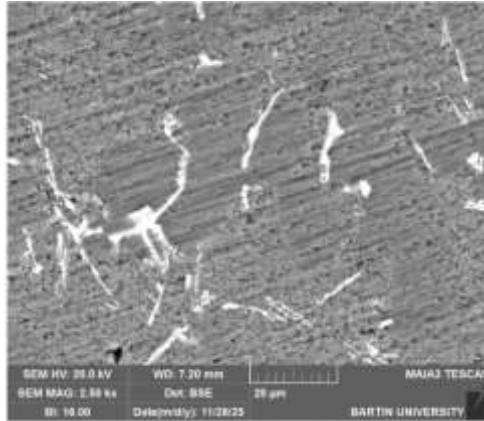


Şekil 3.2: Numune 6 AlSi11 + %0,1 Er + 2 Saat Fe Difüzyonu Çekme Grafiği.

- ✓ Modifikasyon ve Akışkanlık: %0,1 Er ilavesi, ötektik silisyumu incelterek spiral akışkanlığını 315 mm'ye çıkarmış ve optimum performansı sağlamıştır. 2 saatlik Fe difüzyonu ise bu değeri 179 mm'ye düşürmüştür.
- ✓ Mikroyapı ve Fading Etkisi: Er ilavesi ile kaba silisyum plakaları tamamen parçalanarak küreselleşmiştir. Ancak 2 saatlik Fe difüzyonu (Numune 6), Erbiyumun sönümlenmesine neden olmuş ve yapıda kaba β -Fe fazları yeniden baskın hale gelmiştir.
- ✓ Mekanik Dayanım: Yalnızca Er ilavesi kopma uzamasını tepe noktası olan %6,87'ye taşımıştır. Demir difüzyonu ile birlikte Er modifikasyonunun etkisi tükenmiş ve uzama %5,25'e gerilemiştir.



Şekil 3.3: %0,1 Er İlavesi İle İncelmiş ve Koral/Lifli Yapıya Dönüşmüş Ötektik Silisyum Fazları (Numune 4).



Şekil 3.4: %0,1 Er + 2 Saat Fe Difüzyonu İle Modifikasyon Etkisini Tamamen Yitiren Yapıda Baskın Hale Gelen Kalın β -Fe İğneleri (Numune 6).

4. Sonuç

Erbiyum (Er), döküm halinde (ısıtıl işlem gerektirmeden) sünekliği maksimize eden üstün bir modifikatördür. Ancak bu modifiye yapının kalıcı olabilmesi için ergitme operasyonlarında uzun bekletme sürelerinden kaçınılmalı ve sıvı metaldeki Fe difüzyonu engellenmelidir.

ROBUST SOC ESTIMATION IN ELECTRIC VEHICLE BATTERIES USING A NOVEL LSTM-CNN HYBRID ARCHITECTURE UNDER VARYING THERMAL CONDITIONS

Dr Kürşad UÇAR¹

Selcuk University, Faculty of Technology, Department of Electric and Electronic Engineering, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0001-5521-2447

Abstract

Accurate estimation of the State of Charge (SoC) is a critical requirement for the safe, efficient, and long-term operation of batteries in electric vehicles. Various data-driven methods, particularly deep learning approaches such as Long Short-Term Memory (LSTM) networks and Convolutional Neural Networks (CNNs), have been employed to model the temporal and nonlinear behavior of battery dynamics. In recent studies, hybrid architectures combining LSTM and CNN have been increasingly utilized to leverage the strengths of both techniques. In this study, a novel LSTM-CNN hybrid architecture is proposed for SoC estimation and is compared with the widely used CNN-LSTM architecture under identical hyperparameter settings. The models were evaluated under three different thermal scenarios: (i) constant temperature, (ii) non-negative temperatures, and (iii) both negative and positive temperatures. Model performance was assessed using standard regression metrics, including Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), coefficient of determination (R^2), and maximum error. Although the CNN-LSTM model achieved the lowest individual MSE of 0.0002016, it failed to maintain consistent performance across other conditions. In contrast, the proposed LSTM-CNN model demonstrated superior overall accuracy and robustness in the majority of test scenarios, confirming its effectiveness for SoC prediction tasks under varying environmental conditions.

Keywords: State of Charge (SoC) Estimation, Electric Vehicle Batteries, LSTM-CNN Hybrid Model, Deep Learning

DEĞİŞEN TERMAL KOŞULLAR ALTINDA YENİ BİR LSTM-CNN HİBRİT MİMARİSİ KULLANILARAK ELEKTRİKLİ ARAÇ BATARYALARIN ŞARJ DURUMU TAHMİNİ

Dr Kürşad UÇAR¹

Selcuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Konya,
Türkiye, ORCID: 0000-0001-5521-2447

Özet

Elektrikli araçlardaki bataryaların güvenli, verimli ve uzun süreli çalışması için Şarj Durumunun (SoC) doğru bir şekilde tahmin edilmesi kritik bir gerekliliktir. Özellikle Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ağları ve Evrimsel Sinir Ağları (CNN) gibi derin öğrenme yaklaşımları olmak üzere çeşitli veri odaklı yöntemler, batarya dinamiklerinin zamansal ve doğrusal olmayan davranışını modellemek için kullanılmıştır. Son çalışmalarda, her iki tekniğin güçlü yönlerinden yararlanmak için LSTM ve CNN'yi birleştiren hibrit mimariler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, SoC tahmini için yeni bir LSTM-CNN hibrit mimarisi önerilmiş ve aynı hiperparametre ayarları altında yaygın olarak kullanılan CNN-LSTM mimarisi ile karşılaştırılmıştır. Modeller üç farklı termal senaryo altında değerlendirilmiştir: (i) sabit sıcaklık, (ii) negatif olmayan sıcaklıklar ve (iii) hem negatif hem de pozitif sıcaklıklar. Model performansı, Ortalama Kare Hata (MSE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE), belirleme katsayısı (R^2) ve maksimum hata dahil olmak üzere standart regresyon metrikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. CNN-LSTM modeli 0.0002016 ile en düşük bireysel MSE değerine ulaşmış olsa da, diğer koşullar altında tutarlı bir performans sergileyememiştir. Buna karşılık, önerilen LSTM-CNN modeli, test senaryolarının çoğunda üstün genel doğruluk ve sağlamlık göstermiş ve değişen çevresel koşullar altında SoC tahmin görevleri için etkinliğini doğrulamıştır.

Anahtar Kelimeler: Şarj Durumu (SoC) Tahmini, Elektrikli Araç Bataryaları, LSTM-CNN Hibrit Modeli, Derin Öğrenme

INTRODUCTION

With the rise in carbon emissions resulting from human-driven energy production, climate change has been exerting increasingly detrimental effects on life on Earth (Reader, 2021; Rhoden, 2025). One of the most critical consequences of this trend is the progressive depletion of clean water resources, leading many living organisms to face survival challenges under conditions far harsher than their natural environments. In response to this alarming situation, there has been a global shift toward energy sources and technologies that do not contribute to carbon emissions (Rehman et al., 2023). Among the sectors with a significant share in global emissions, transportation has emerged as a primary focus of reform (Corradi, Sica, & Morone, 2023; Mo et al., 2022). Consequently, fossil fuel-powered internal combustion engines are gradually being replaced by cleaner electric motor technologies (Muhith, Behara, & Reddy, 2024). In parallel, the number of electric, hybrid, and plug-in vehicles continues to grow rapidly each day.

The operational principles of electric vehicles differ fundamentally from those of conventional fossil fuel-powered vehicles. The most significant distinction lies in the replacement of the traditional fuel tank with batteries capable of storing electrical energy. Among the various battery technologies available today, lithium-ion batteries have emerged as one of the most suitable options due to their high energy density, low self-discharge rate, long cycle life, lightweight structure, and high cell voltage (X. Xu et al., 2024; Yu, Huang, Tang, Wang, & Shen, 2023; X. Zhang, Li, Luo, Fan, & Du, 2022). In electric vehicles, the energy stored in these batteries is converted into motion by electric motors, thereby enabling vehicle propulsion. During operation, the current drawn from the battery varies depending on factors such as vehicle acceleration, speed, weight, and road conditions (Kozłowski, Wiśniowski, Gis, Zimakowska-Laskowska, & Borucka, 2024; Martyushev et al., 2023; Szumska & Jurecki, 2021). These fluctuations in energy demand necessitate precise energy management. The Battery Management System (BMS) plays a critical role in this context and is considered an essential component of battery systems. Additionally, the BMS is responsible for monitoring key parameters such as temperature, State of Charge (SoC), and State of Health (SoH), which directly influence battery longevity. These parameters are vital for protecting the battery against harmful conditions such as overheating, over-discharge, or overcharging (Lipu et al., 2022; Ozer & Arabaci, 2025; Pradhan & Chakraborty, 2022; Tang et al., 2022; Tarhan, Yetik, & Karakoc, 2021).

The SoC is a critical parameter for batteries, and it must be determined with high accuracy (Y. Li et al., 2022; Yang et al., 2021). In its simplest definition, SoC refers to the current charge level of a battery. Accurate knowledge of the SoC allows users to estimate the remaining driving range of electric vehicles. Moreover, continuous monitoring of SoC is essential to prevent overcharging and over-discharging, both of which can significantly degrade battery lifespan (Gotz et al., 2024; L. Zhang, Huang, Zhang, Wang, & Dorrell, 2022).

Despite its importance, there is currently no sensor technology capable of directly measuring SoC. Therefore, three main approaches have been developed for SoC estimation. The simplest of these is the current integration method, also called coulomb counting (Movassagh, Raihan, Balasingam, & Pattipati, 2021; Ren, Liu, Yu, & Dong, 2021; Shunli Wang et al., 2022). This method estimates SoC based on the following equation:

$$SoC(t) = SoC(t - 1) - \int_{t-1}^t \frac{I(\tau)}{C_{nom}} d\tau \quad (1)$$

Here, t represents time, C_{nom} is the nominal capacity of the battery in ampere-hours (Ah), and $I(\tau)$ is the measured current. While straightforward, this method requires highly accurate current sensors. Moreover, measurement errors tend to accumulate over time, leading to significant deviations in long-term applications (Movassagh et al., 2021; Zhou, Zheng, Pan, & Lu, 2021).

A more advanced class of approaches involves model-based estimation (Fan, Zhang, Zhang, Chen, & An, 2022). In these methods, battery models such as Equivalent Circuit Models (ECMs) (Lin, Tang, Ren, & Wei, 2021; Naseri, Schaltz, Stroe, Gismero, & Farjah, 2021; Z. Xu, Wang, Lund, & Zhang, 2022) or Electrochemical Models

(Z. Jiang, Zhang, & Gao; Z. Xu et al., 2022) are employed to estimate the open-circuit voltage (Voc), which is then used to infer SoC via a predefined Voc–SoC relationship, typically represented as a lookup table. However, these methods have limitations, including the complexity of accurately determining model parameters and the high sensitivity of the results to these parameters (J. Tian, Xiong, Shen, & Lu, 2021). To enhance accuracy, model-based techniques are often combined with algorithms such as the Extended Kalman Filter (EKF) (Cui, Hu, Zhang, Zhang, & Chen, 2022; Huang, Best, Knowles, & Fly, 2022; Monirul, Qiu, & Ruby, 2024; Rzepka, Bischof, & Blank, 2021), though this adds further mathematical and computational complexity.

In recent years, data-driven methods based on artificial intelligence have emerged as a promising alternative for SoC estimation (Sesidhar, Badachi, & Green II, 2023). These methods do not require deep domain knowledge of battery systems and can achieve high levels of accuracy. Typically, models are trained using input features such as battery voltage, current, and temperature, and provide SoC predictions at the output.

Early studies on data-driven SoC estimation predominantly relied on classical artificial intelligence techniques. Algorithms such as Artificial Neural Networks (ANN) (Chandran et al., 2021; Manoharan, Begam, Aparow, & Sooriammoorthy, 2022), Support Vector Machines (SVM) (Manoharan et al., 2022; Stighezza, Bianchi, & De Munari, 2021), and Random Forest (Korkmaz, 2023) offered rapid solutions for this task. However, the effectiveness of these methods is highly constrained by factors such as constant ambient temperature, specific battery chemistries, and fixed driving cycles. These limitations reduce their generalizability and hinder their practical application in real-world scenarios (Fan et al., 2022; J. Tian, Xiong, Lu, Chen, & Shen, 2022).

To address these challenges, deep learning methods have gained increasing attention, as they are capable of handling larger datasets and exhibit a lower tendency toward overfitting compared to conventional AI approaches (Liu, He, Bian, Guo, & Zhang, 2022; Ma, Hu, & Cheng, 2021; Oyewole, Chehade, & Kim, 2022). Given that battery data inherently possess temporal characteristics, Recurrent Neural Networks (RNNs) have emerged as a natural choice for SoC estimation tasks (Feng, Chen, Zhang, Miao, & Zhu, 2021; C. Li, Xiao, Fan, Yang, & Zhang, 2019; R. Li, Sun, Wei, Ta, & Wang, 2022; Vidal, Malysz, Naguib, Emadi, & Kollmeyer, 2022; Zhao et al., 2023). RNNs process sequences of data over time rather than relying solely on instantaneous measurements, thereby capturing temporal dependencies across the input sequence (Keren & Schuller, 2016). However, standard RNNs suffer from a significant drawback known as the vanishing or exploding gradient problem (Zucchet & Orvieto, 2024). This phenomenon arises when gradients—used during backpropagation—either diminish or grow excessively due to repeated multiplication over long time sequences, making it difficult to retain information across extended periods. To mitigate this issue, more advanced architectures such as the Long Short-Term Memory (LSTM) (Schmidhuber & Hochreiter, 1997) network have been developed. LSTM introduces a gating mechanism comprising input, output, and forget gates, which facilitates the selective retention or discarding of information across time steps. Variants such as Bidirectional LSTM (BiLSTM) (Thireou & Reczko, 2007) and Gated Recurrent Unit (GRU) (Dey & Salem, 2017) have further enhanced the modeling capability and computational efficiency of sequence learning tasks.

In addition to recurrent models, another widely adopted architecture for SoC estimation is the one-dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) (Bhattacharjee, Verma, Mishra, & Saha, 2021; Hannan et al., 2020; Kumar et al., 2024; Liu et al., 2022). The 1D-CNN is a specialized form of CNN designed for sequential or time-series data, functioning as the one-dimensional counterpart of the 2D-CNNs commonly used in image processing (Ahmadzadeh, Zahrai, & Bitaraf, 2025). This architecture is particularly effective at capturing local temporal features, patterns, and dependencies within time-series data, making it well-suited for tasks involving battery monitoring and SoC prediction (Ige & Sibiya, 2024).

LSTM and CNN have emerged as two of the most prominent deep learning models employed in SoC estimation. While CNNs demonstrate superior capabilities in feature extraction through convolutional layers, LSTM

networks are particularly effective in modeling temporal dependencies within time-series data. Leveraging the complementary strengths of these architectures, hybrid CNN-LSTM models have been widely adopted in SoC estimation studies (P. Jiang et al., 2024; Sherkatghanad, Ghazanfari, & Makarenkov, 2024; Song, Yang, Wang, & Tsui, 2019; H. Xu et al., 2023).

However, to the best of the authors' knowledge, the reverse hybrid architecture—LSTM-CNN—has not yet been explored for this specific task. In the broader context of time series modeling using deep learning, both LSTM-CNN (Wu, Zheng, & Zhao, 2018; Xia, Huang, & Wang, 2020; J. Zhang, Li, Tian, & Li, 2018) and CNN-LSTM (Lu, Li, Li, Sun, & Wang, 2020; Mutegeki & Han, 2020; Priyadharshini et al., 2025; Zha et al., 2022) hybrid structures have been applied in various domains. The fundamental distinction between these two architectures lies in the sequential arrangement of the LSTM and CNN layers. In the LSTM-CNN model, the input data is initially processed by the LSTM layers to capture long-term temporal dependencies. The output of the LSTM is then passed through convolutional layers to extract spatial or localized features. Conversely, in the CNN-LSTM architecture, the input is first subjected to convolutional operations to identify local patterns, and the extracted features are subsequently fed into the LSTM layers to model temporal dynamics.

In this study, the effectiveness of the LSTM-CNN architecture in SoC estimation was investigated under various experimental scenarios. For comparison purposes, both the proposed LSTM-CNN model and the conventional CNN-LSTM model were trained on the same datasets, and their performance was evaluated using multiple quantitative metrics.

The remainder of the paper is organized as follows: In Section 1, the dataset and the deep learning models employed in this study are introduced. Section 2 presents the experiments conducted and the results obtained. Finally, Section 3 concludes the paper.

1. MATERIAL AND METHOD

1.1. Dataset

Data-driven approaches for SoC estimation typically utilize battery current, voltage, and temperature measurements—or features derived from these parameters—as model inputs. To ensure the reproducibility and comparability of such studies, these measurements are generally collected following standardized testing protocols known as driving cycles (Tong & Hung, 2010). Driving cycles represent predefined profiles that emulate the energy consumption patterns of electric vehicles under real-world operating conditions. These profiles encompass various charge–discharge combinations and are designed to simulate typical driving behaviors (Fotouhi, Hashemi, Narimani, & Bayram, 2019).

The data acquisition process commonly begins with a fully charged battery and proceeds until the terminal voltage reaches the predefined cut-off threshold. These tests are conducted using specialized laboratory equipment under controlled conditions, which makes the process both resource-intensive and time-consuming. As a result, many researchers publicly share their datasets to facilitate further research and method comparison. Such publicly available datasets not only enable others to benchmark new models against established methods but also contribute to the standardization of experimental evaluation in the field.

In this study, the dataset employed was provided by Dr. Phillip Kollmeyer from McMaster University and is based on the LG18650HG2 lithium-ion cell, which has Nickel Manganese Cobalt (NMC) chemistry (Kollmeyer, Vidal, Naguib, & Skells, 2020). The dataset includes measurements collected under several standard driving cycles—LA92, UDDS, HWFET, and US06—as well as eight additional composite cycles (Mix1 through Mix8) generated by combining segments from the standard cycles. Data collection was performed across a range of ambient temperatures: -20°C , -10°C , 0°C , 10°C , 25°C , and 40°C , thereby allowing for robust analysis under varying thermal conditions.

1.2. LSTM

LSTM is a specialized architecture of artificial neural networks designed to address the long-term dependency problem inherent in classical RNNs. Traditional RNNs often suffer from vanishing or exploding gradient issues during backpropagation, which limits their ability to retain information over extended time sequences. LSTM was developed to mitigate this limitation and has since been widely adopted in fields such as time series forecasting (Sagheer & Kotb, 2019), natural language processing (Shuohang Wang & Jiang, 2015), and biomedical signal analysis (Priyadharshini et al., 2025), owing to its robust capacity to model both short-term and long-term dependencies in sequential data.

At the core of the LSTM architecture lies a memory cell (also referred to as the cell state), which is capable of preserving information across long sequences. Three fundamental gating mechanisms regulate this memory cell: the forget gate, input gate, and output gate, which govern the flow of information into, within, and out of the cell. These gates enable the model to determine which data should be retained, discarded, or propagated to subsequent time steps, allowing for selective memory updates and long-term retention. A standard LSTM cell operates as follows (illustrated in Figure 1):

- **Forget Gate:** The forget gate determines which parts of the previous cell state C_{t-1} should be retained or discarded. It processes the previous hidden state h_{t-1} and the current input x_t using a sigmoid activation function:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (2)$$

Here, f_t is the forget gate vector, W_f and b_f are the weight matrix and bias term for the forget gate, and σ denotes the sigmoid activation function.

- **Input Gate:** The input gate controls how much of the new input x_t will influence the cell state. It consists of two parts: the input gate vector i_t and the candidate values $\tilde{C}_t$ to be added to the cell state:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (3)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \quad (4)$$

- **Cell State Update:** The cell state C_t is updated by combining the previous cell state scaled by the forget gate with the new candidate values scaled by the input gate:

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \tilde{C}_t \quad (5)$$

where $\odot$ denotes element-wise multiplication.

- **Output Gate:** The output gate decides which part of the cell state will be output as the hidden state h_t , after applying a non-linearity:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (6)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(C_t) \quad (7)$$

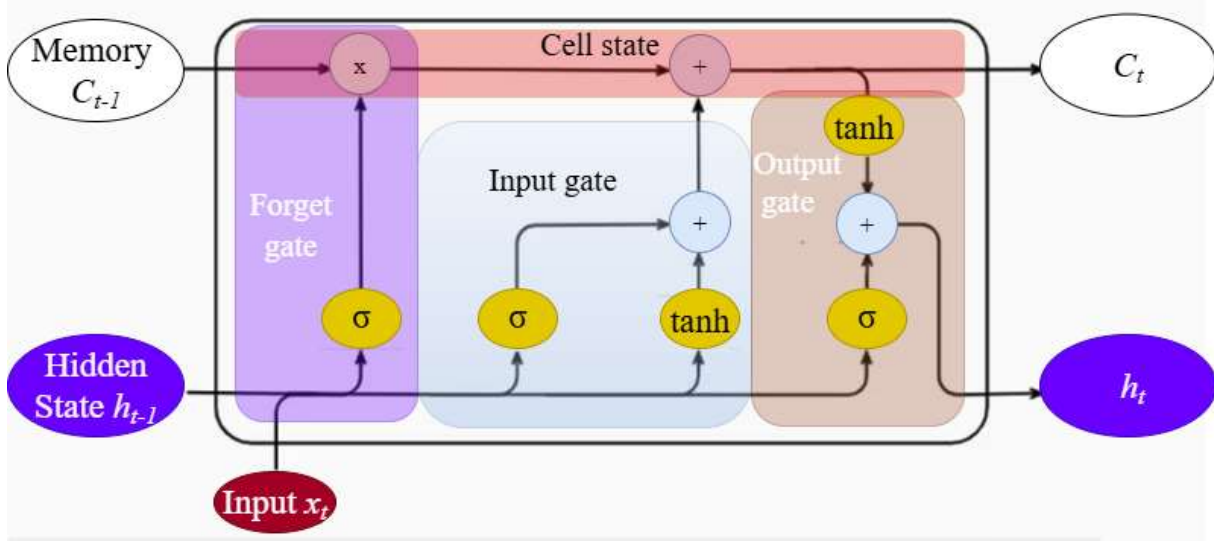


Figure 1. LSTM cell

This gated mechanism enables LSTM networks to significantly mitigate gradient vanishing and exploding problems that are prevalent in standard RNNs. As a result, LSTM models are capable of learning meaningful temporal relationships over long sequences, even when the relevant dependencies span many time steps. Moreover, LSTM networks are modular and can be extended by stacking multiple layers, allowing the construction of deep LSTM architectures that can capture more complex and hierarchical temporal patterns.

1.3. 1D-CNN

CNNs have gained prominence in artificial intelligence due to their highly effective feature extraction capabilities. The one-dimensional variant, known as 1D-CNN, is specifically designed to process sequential or time-series data, and it adopts a structure analogous to that of 2D-CNNs used in image processing.

A typical 1D-CNN architecture consists of several key components. The input layer receives the raw data, which is commonly formatted as a matrix with dimensions corresponding to the number of time steps (T) and the number of features (F), i.e., input shape $X \in \mathbb{R}^{T \times F}$. Following the input, the convolutional layer applies a set of filters (also referred to as kernels) that slide across the temporal dimension of the data. Each convolution operation can be represented as follows:

$$z_t^{(k)} = \sum_{i=0}^{K-1} w_i^{(k)} \cdot x_{t+i} + b^{(k)} \quad (8)$$

where $z_t^{(k)}$ is the output of the k -th filter at time step t , $w_i^{(k)}$ are the weights of the k -th filter, x_{t+i} is the input at time step $t+i$, $b^{(k)}$ is the bias term, and K is the kernel size.

These filters, defined by parameters such as *kernel size*, *stride*, *number of filters*, and *activation function*, are responsible for detecting local temporal patterns. The Rectified Linear Unit (ReLU) activation function is commonly used in this layer due to its simplicity and effectiveness in introducing non-linearity, and is applied as Eq. (9).

$$a_t^{(k)} = \max(0, z_t^{(k)}) \quad (9)$$

Next, a pooling layer—typically *max pooling*—is applied to downsample the feature maps generated by the convolutional layer. Max. pooling is applied as Eq. (10).

$$p_j^{(k)} = \{\max a_{j,s}^{(k)}, a_{j,s+1}^{(k)}, \dots, a_{j,s+P-1}^{(k)}\} \quad (10)$$

where s is the stride, P is the pooling window size, and $p_j^{(k)}$ is the pooled output at position j .

This process reduces the dimensionality of the data, thereby lowering computational complexity while retaining the most salient features. To enhance generalization and mitigate overfitting, a Dropout layer may be included after pooling. The network's depth can be increased by stacking multiple convolutional and pooling layers, allowing for hierarchical feature extraction, which is particularly beneficial in modeling complex temporal dependencies.

Once the feature extraction stage is complete, the multi-dimensional output of the final convolutional block is flattened into a one-dimensional vector and passed to one or more fully connected (dense) layers. These layers perform high-level reasoning based on the extracted features. The dense layer operation can be expressed as:

$$y = \phi(Wx + b) \quad (11)$$

where x is the input vector, W is the weight matrix, b is the bias vector, and ϕ is the activation function (e.g., ReLU or tanh). In the final output layer, the choice of activation function depends on the nature of the problem: linear activation is typically used for regression tasks, while softmax is preferred for classification problems. An example of a basic 1D-CNN architecture, including a convolutional layer followed by a pooling layer, is illustrated in Figure 2.

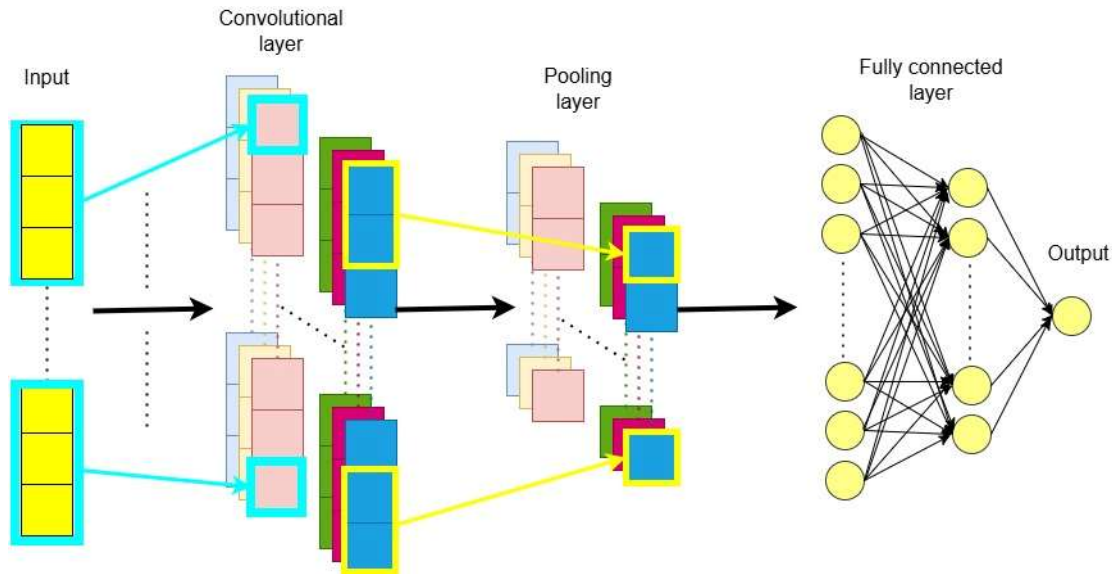


Figure 2. 1D-CNN architecture

1.4. LSTM-CNN Architecture

The LSTM-CNN architecture offers several advantages over the CNN-LSTM structure, particularly in tasks where temporal dependencies are critical. One of its key strengths lies in its ability to model long-term contextual information at an early stage of the network. By placing the LSTM layers at the input, the model captures temporal patterns and dependencies before any feature reduction occurs, allowing for a more accurate representation of sequential relationships. In contrast, CNN-LSTM models apply convolution and pooling operations to the input before introducing recurrence. This early-stage dimensionality reduction in the temporal axis may lead to the loss of valuable context information, particularly in datasets with long-term dependencies. The LSTM-CNN architecture mitigates this issue by ensuring that the temporal characteristics are learned before any spatial summarization, preserving richer contextual information throughout the network.

Another significant advantage of the LSTM-CNN structure is its enhanced robustness to noisy data. LSTM layers are capable of capturing overarching trends in sequences, effectively filtering out short-term fluctuations and transient anomalies. As a result, the representations passed to the CNN layers are more consistent and abstract, which enables the convolutional layers to extract more stable and meaningful features.

In summary, the LSTM-CNN architecture has been shown to outperform the CNN-LSTM structure in scenarios involving noisy or complex time series, especially when modeling long-range dependencies is essential. For this reason, literature recommends the LSTM-CNN architecture for application domains such as battery SoC estimation, biomedical signal analysis, and energy consumption forecasting, where accurate modeling of temporal dynamics plays a crucial role.

2. EXPERIMENTS AND RESULTS

In data-driven SoC estimation, the structure of the model significantly affects prediction accuracy. In particular, the selection of hyperparameters, such as the number of layers, the number of neurons, and the activation functions, plays a critical role in model performance. In this study, an LSTM-CNN architecture is proposed for SoC prediction. To evaluate its effectiveness, the performance of the proposed model was compared to that of a CNN-LSTM architecture constructed with identical hyperparameters. The architectures of both models are illustrated in Figure 3.

Previous studies (Sherkatghanad et al., 2024; Song et al., 2019; H. Tian & Chen, 2022) have demonstrated that the CNN-LSTM architecture outperforms models using only CNN or only LSTM layers. Therefore, comparisons with non-hybrid models were deemed unnecessary in this study.

2.1. Experiment Setup

In the comparative analysis, all hyperparameters were kept identical across the models, with the only difference being the order of the LSTM and CNN layers. In the LSTM module, two layers with 64 and 32 units were employed, respectively. The CNN module also consisted of two convolutional layers with 64 and 32 filters, separated by a max pooling layer. These layers were followed by a fully connected layer with 64 units, and a final single-node output layer was used to generate the SoC estimation.

The Adam optimizer was employed for parameter optimization in all training phases, and training was carried out over five epochs. The ReLU activation function was applied in all convolutional and dense layers. The time step and batch size were set to 200 and 32, respectively.

For model training, data from the Mix4 and US06 driving cycles were used. The model was validated using the Mix8 driving cycle, while performance evaluation on unseen data was conducted using the Mix5, UDDS, and LA92 cycles.

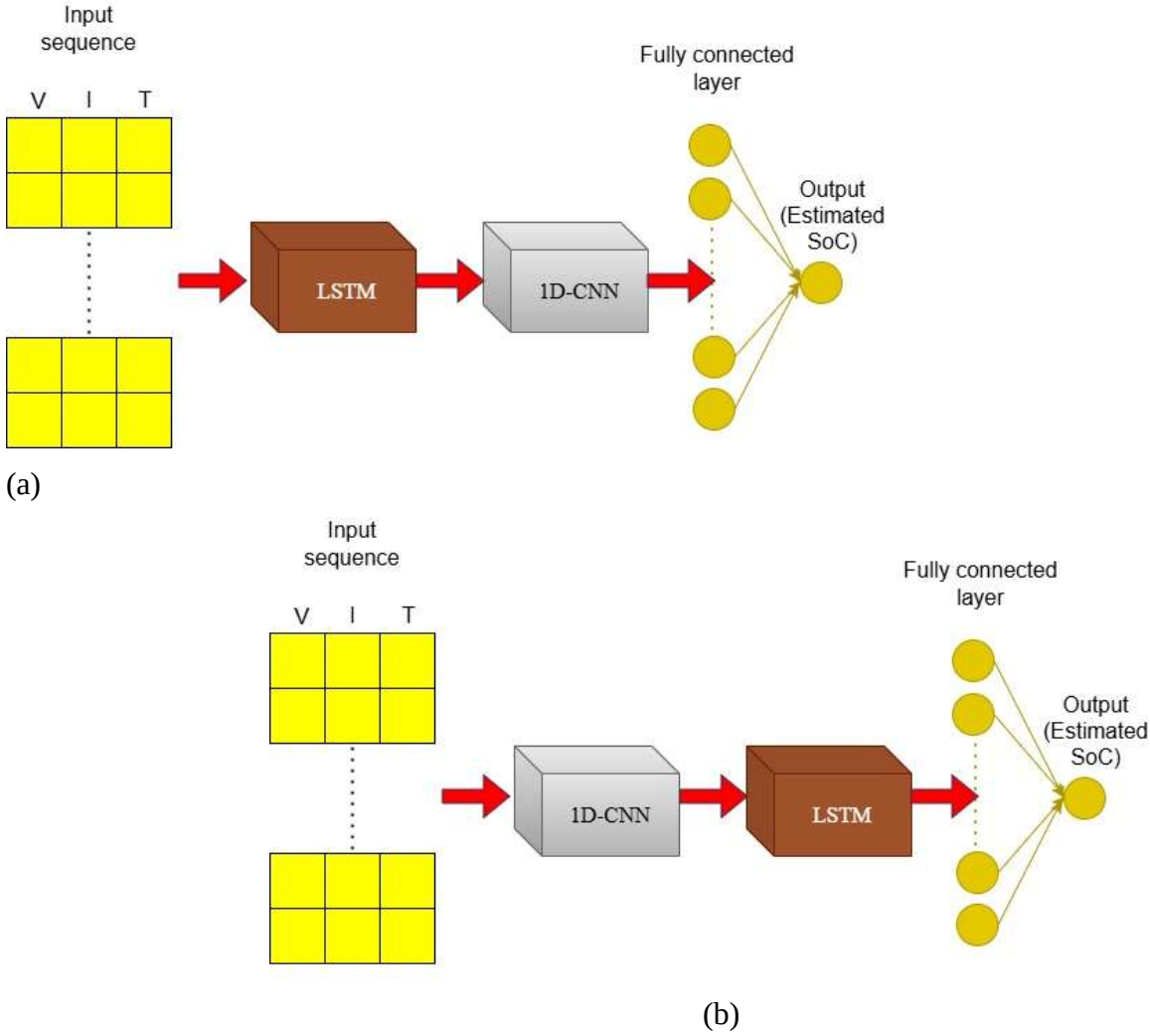


Figure 3. Deep network architectures, (a) LSTM-CNN, (b) CNN-LSTM

Before being fed into the deep learning models, all input data—comprising voltage, current, and temperature measurements—were normalized using the min-max normalization method. This common linear transformation technique scales each feature into a predefined range (typically [0,1]). This method relies on the minimum and maximum values of each feature in the dataset, ensuring that all input features are evaluated on a consistent scale. The normalization is defined mathematically as follows:

$$x_{scaled} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (12)$$

where x is the original value, x_{min} and x_{max} are the minimum and maximum values in the dataset, and x_{scaled} is the normalized output. This transformation enhances model convergence and contributes to the stability of gradient-based optimization algorithms.

The normalized input variables—voltage, current, and temperature—were fed into the network, and the model produced a continuous-valued SoC prediction at the output.

To quantitatively assess model performance, standard regression error metrics were employed. These metrics evaluate the discrepancy between the actual (measured) values and the predicted values, offering insight into both accuracy and generalization capability. The most commonly used metrics include:

- **Mean Square Error (MSE):** The average of the squared differences between predicted and actual values. Large errors are penalized more heavily.
- **Root Mean Square Error (RMSE):** The square root of MSE, which restores the error scale to the unit of the original variable and is therefore more interpretable.
- **Coefficient of Determination (R^2):** Indicates the proportion of the variance in the dependent variable that is predictable from the independent variables. Values close to 1 indicate strong model fit.
- **Maximum Error (Max. Error):** The largest absolute deviation between actual and predicted values, reflecting the worst-case prediction.

These metrics are defined as follows:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (13)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (14)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (15)$$

$$Max. Error = \max_i |y_i - \hat{y}_i| \quad (16)$$

Here, n is the number of observations, y_i is the actual value, $\hat{y}_i$ is the predicted value, and $\bar{y}$ is the mean of the actual values.

Due to varying sequence lengths across different temperatures and driving cycles, direct averaging of MSE values is not meaningful. Instead, a weighted average MSE was computed based on the number of samples (n_i) associated with each individual MSE value (MSE_i). The weighted average is defined as:

$$MSE_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i MSE_i}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (17)$$

where N is the number of MSE values considered in the averaging process.

2.2. Experiments

Battery performance is highly sensitive to ambient temperature, and as operating temperature varies, the predictive accuracy of SoC estimation models can be significantly affected. In particular, lower temperatures tend to reduce the effective capacity of lithium-ion batteries, leading to altered discharge behavior and nonlinear dynamics. To evaluate the robustness and generalization performance of the models under varying thermal conditions, three distinct experimental scenarios were designed in this study:

Experiment 1: Training and testing were performed using data collected exclusively at 25 °C, representing nominal thermal conditions.

Experiment 2: Only non-negative temperature data (0 °C, 10 °C, and 25 °C) were used to assess model performance under varying but moderate thermal environments.

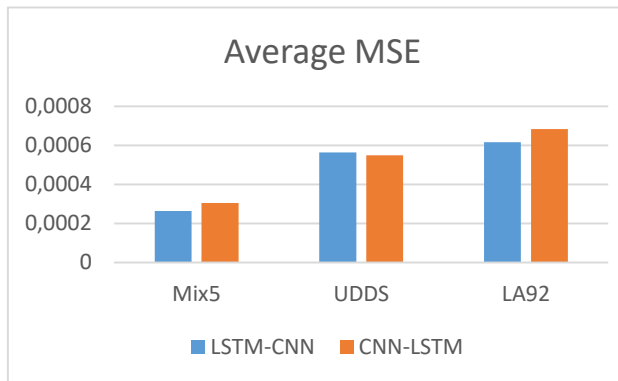
Experiment 3: Data from both negative and positive temperature conditions (−20 °C to 25 °C) were included to evaluate model robustness across the full temperature range.

Experiment 1: 25 °C Only

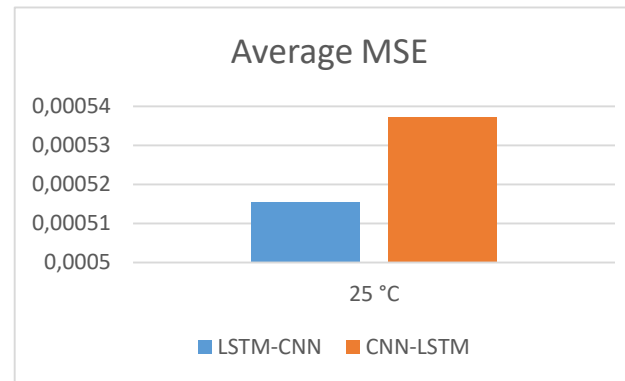
In the first experiment, both training and testing were conducted using data recorded at 25 °C. Since thermal variation was absent, voltage and current measurements were assumed to be sufficient inputs, and temperature was not considered a critical feature in this setting.

Table 1. Error metrics of the test performed at 25 °C

	LSTM- CNN	CNN- LSTM	LSTM- CNN	CNN- LSTM	LSTM- CNN	CNN- LSTM	LST M- CN N	CNN- LSTM
T	MSE		RMSE		R ²		Max. error	
Mix5	0.0002643	0.0003043	0.0163	0.0174	0.9969	0.9965	0.0682	0.0660
UDDS	0.0005647	0.0005496	0.0238	0.0234	0.9934	0.9936	0.0689	0.0862
LA92	0.0006170	0.0006844	0.0248	0.0262	0.9933	0.9926	0.0794	0.0966



(a)



(b)

Figure 4. Average MSE of Experiment 1 under (a) Different Drive Cycles and (b) Temperature Conditions

As presented in Table 1 and visualized in Figure 4, the LSTM-CNN architecture consistently outperformed the CNN-LSTM model in terms of MSE, RMSE, and R² across the Mix5 and LA92 driving cycles. In the UDDS cycle, both models exhibited nearly identical performance across all metrics.

For the Maximum Error (Max. Error) metric, the models performed similarly in the Mix5 cycle, with a slight advantage observed in the CNN-LSTM structure. However, in the LA92 and UDDS cycles, the LSTM-CNN model achieved significantly lower maximum error values, indicating more stable and reliable predictions in extreme cases.

Overall, changes in RMSE and R^2 were strongly correlated with those observed in MSE, reaffirming the consistency of the performance advantage demonstrated by the LSTM-CNN model under nominal temperature conditions.

Experiment 2: Performance Evaluation at Non-Negative Temperatures (0 °C and Above)

In practical applications, it is sometimes possible to maintain batteries at constant temperatures through active thermal management systems or controlled laboratory conditions. However, in real-world scenarios—particularly in electric vehicles—batteries are exposed to fluctuating ambient temperatures throughout the day. These thermal variations directly influence battery behavior, including capacity, internal resistance, and voltage response.

To assess the robustness of the proposed LSTM-CNN model under varying conditions, a second experiment was conducted using datasets collected at temperatures of 0 °C, 10 °C, and 25 °C. The goal was to evaluate model performance in a realistic temperature range above freezing.

The results are summarized in Table 2, and the average MSE values across all drive cycles are illustrated in Figure 5. The LSTM-CNN model achieved its best performance in the Mix5 drive cycle at 25 °C, with an MSE of 0.0002411 and a maximum error of 0.052. In contrast, the CNN-LSTM model recorded its lowest error in the UDDS drive cycle at 10 °C, yielding an MSE of 0.0005353 and a maximum error of approximately 0.07.

Notably, the maximum error for the CNN-LSTM model in the Mix5 cycle was nearly double that of the LSTM-CNN model, indicating poorer robustness in handling rapid temporal variations. While the maximum errors in other drive cycles were relatively similar between the two architectures, the LSTM-CNN consistently demonstrated lower peak deviations, suggesting improved reliability.

Furthermore, across all driving cycles and temperature conditions, the R^2 values associated with the LSTM-CNN model indicated a better fit to the actual SoC values compared to the CNN-LSTM model, reaffirming the superiority of the proposed architecture in capturing complex, temperature-dependent battery behavior.

Table 2. Error metrics of the test performed at 0 °C, 10 °C, and 25 °C

	LSTM - CNN	CNN-LSTM	LSTM - CNN	CNN-LSTM	LSTM - CNN	CNN-LSTM	LSTM - CNN	CNN-LSTM
T	MSE		RMSE		R^2		Max. error	
M 2	0.0002411	0.0010145	0.0155	0.0319	0.9972	0.9882	0.0520	0.1009
I 5								
X 1	0.0004889	0.0009108	0.0221	0.0302	0.9930	0.9871	0.0615	0.1445
5 0								
0	0.0006214	0.0008169	0.0249	0.0286	0.9914	0.9887	0.0940	0.1588
U 2	0.0003743	0.0007288	0.0193	0.0270	0.9956	0.9915	0.0577	0.0713
D 5								
D 1	0.0009325	0.0005353	0.0305	0.0231	0.9876	0.9929	0.0762	0.0770
S 0								
0	0.0005688	0.0007075	0.0238	0.0266	0.9921	0.9902	0.1072	0.0821
L 2	0.0004346	0.0006577	0.0208	0.0256	0.9953	0.9929	0.0751	0.0892
A 5								
9 1	0.0004301	0.0007476	0.0207	0.0273	0.9945	0.9905	0.0840	0.0998
2 0								
0	0.0005610	0.0008128	0.0237	0.0285	0.9928	0.9896	0.1117	0.1173

As illustrated in Figure 5(a), the average MSE values across drive cycles reveal that both models demonstrate comparable performance in the UDDS drive cycle. However, in the other two test cycles (Mix5 and LA92), the LSTM-CNN architecture consistently outperforms CNN-LSTM by a substantial margin. Interestingly, the UDDS cycle, where the LSTM-CNN model exhibits its highest error, corresponds to the cycle where the CNN-LSTM model achieves its lowest error. Nonetheless, even in this case, the LSTM-CNN model still maintains a slight performance advantage, indicating superior generalization capabilities.

In Figure 5(b), the error variation of the CNN-LSTM model across different temperatures appears to be relatively stable, suggesting that this architecture is less sensitive to thermal changes within the tested range. In contrast, the LSTM-CNN model consistently yields lower prediction errors than CNN-LSTM at every temperature level, highlighting its enhanced adaptability to temperature-dependent battery dynamics.

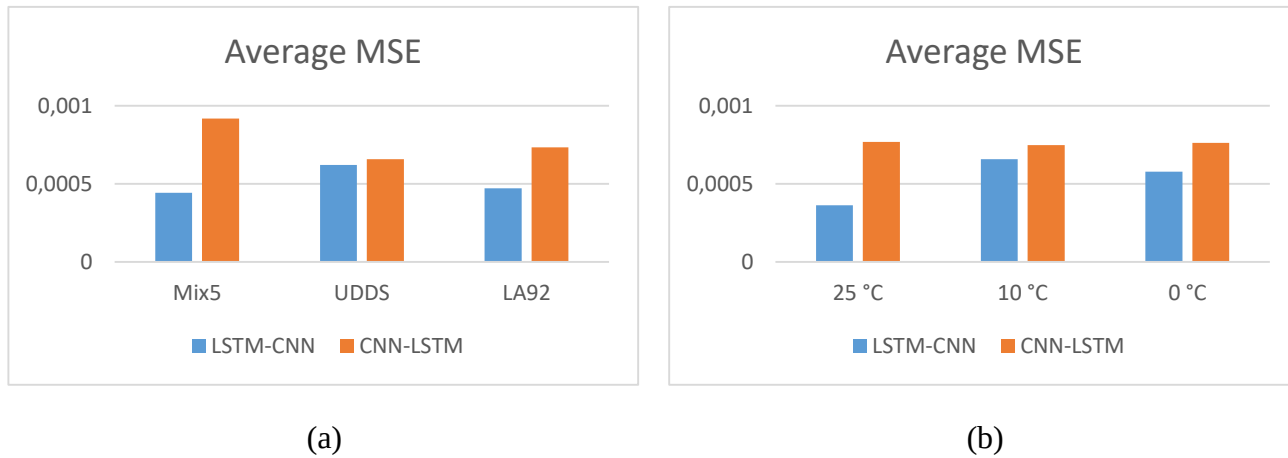


Figure 5. Average MSE of Experiment 2 under different (a) Drive Cycles and (b) Temperature Conditions

Experiment 3: Evaluation Across Negative and Positive Temperatures

Electric vehicles are expected to operate reliably across a wide range of climates worldwide. In particular, during winter months, ambient temperatures in many regions can drop well below 0 °C, which significantly impacts battery performance. At sub-zero temperatures, increased electrolyte viscosity results a reduction in ionic conductivity, leading to a notable decrease in battery capacity. In essence, even when all other variables are held constant, temperature alone can alter the dynamic behavior of the battery system.

To investigate the performance of the models under both negative and positive thermal conditions, the third experiment utilized datasets collected at −20, −10, 0, 10, and 25 °C. The results for MSE, RMSE, R^2 , and Maximum Error on the test drive cycles are presented in Table 3.

Both models achieved their lowest errors in the Mix5 drive cycle at 25 °C. Specifically, the proposed LSTM-CNN model yielded an MSE of 0.0002394, while the CNN-LSTM model achieved a slightly lower MSE of 0.0002016. The maximum errors for the same drive cycle were also comparable: 0.0715 for LSTM-CNN and 0.0691 for CNN-LSTM. In terms of coefficient of determination (R^2), CNN-LSTM exhibited the best performance in this test with a value of 0.9977.

However, for all other drive cycles and temperatures, the LSTM-CNN model consistently outperformed the CNN-LSTM model, as clearly shown in Table 3 and visualized in Figure 6(b). As expected, prediction errors increased with decreasing temperature for both models. Nevertheless, the proposed architecture demonstrated greater robustness to such variations.

As seen in Figure 6(a), the LSTM-CNN model again produced its highest error in the UDDS cycle, mirroring the pattern observed in Figure 5(a). Interestingly, CNN-LSTM showed the inverse behavior, performing best on the UDDS cycle but showing increased variance elsewhere. Furthermore, the difference between maximum and minimum RMSE across all temperature conditions was 0.0505 for CNN-LSTM. In contrast, it was only 0.0283 for LSTM-CNN, indicating that the proposed model produced more stable and consistent predictions.

Overall, Figure 6 demonstrates that the LSTM-CNN architecture outperforms CNN-LSTM on average across all temperature and drive cycle combinations, confirming its superior generalization capability under varying thermal and operational conditions.

Table 3. Error metrics of the test performed at all temperature

		LSTM- CNN	CNN- LSTM	LSTM - CNN	CNN- LSTM	LSTM - CNN	CNN- LSTM	LST M - CN N Max. error	CNN- LSTM
T	MSE			RMSE		R ²			
M 25	0.0002394	0.0002016	0.0155	0.0142	0.9972	0.9977	0.0715	0.0691	
İ 10	0.0003911	0.0005589	0.0198	0.0236	0.9944	0.9921	0.0730	0.1059	
X 0	0.0007338	0.0008743	0.0271	0.0296	0.9899	0.9879	0.1095	0.1521	
5 -	0.0010620	0.0010361	0.0326	0.0322	0.9832	0.9836	0.1697	0.1884	
10									
-	0.0017900	0.0011975	0.0423	0.0346	0.9566	0.9710	0.1616	0.1444	
20									
U 25	0.0003038	0.0005569	0.0174	0.0236	0.9964	0.9935	0.0626	0.0951	
D 10	0.0006452	0.0014762	0.0254	0.0384	0.9914	0.9804	0.1030	0.1588	
D 0	0.0013665	0.0024320	0.0370	0.0493	0.9810	0.9662	0.1517	0.1922	
S -	0.0018184	0.0017465	0.0426	0.0418	0.9694	0.9707	0.1659	0.1758	
10									
-	0.0011002	0.0041823	0.0332	0.0647	0.9671	0.8749	0.1413	0.2806	
20									
L 25	0.0003479	0.0006639	0.0187	0.0258	0.9962	0.9928	0.0782	0.1050	
A 10	0.0004401	0.0008369	0.0210	0.0289	0.9944	0.9894	0.1060	0.1451	
9 0	0.0019149	0.0015971	0.0438	0.0400	0.9696	0.9746	0.1405	0.1436	
2 -	0.0009358	0.0010752	0.0306	0.0328	0.9858	0.9837	0.1467	0.1706	
10									
-	0.0007384	0.0008059	0.0272	0.0284	0.9804	0.9786	0.1381	0.1709	
20									

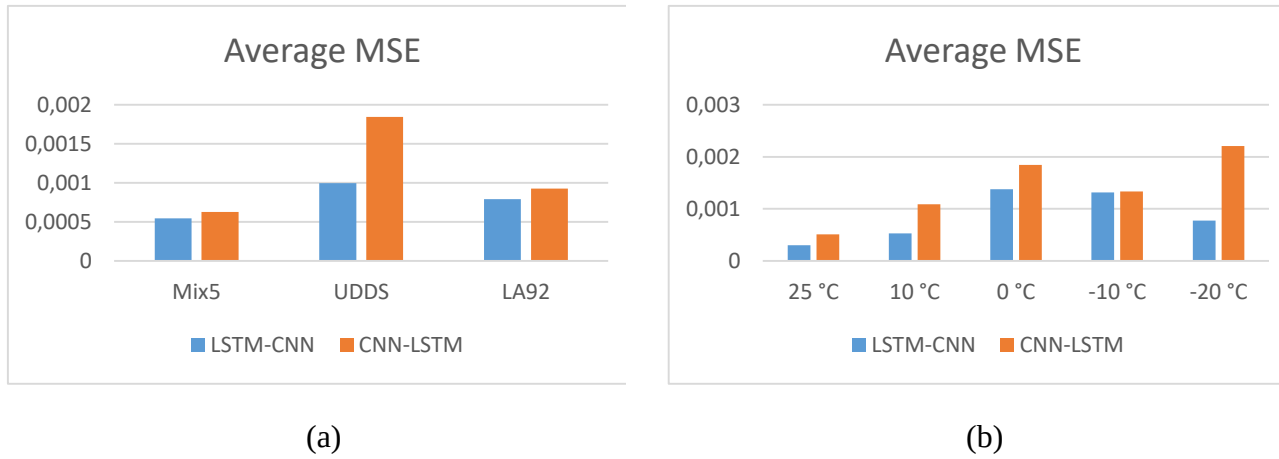


Figure 6. Average MSE of Experiment 3 under different (a) Drive Cycles and (b) Temperature Conditions

The results of the three experimental scenarios consistently demonstrate that the LSTM-CNN architecture, when configured with the same hyperparameters as its CNN-LSTM counterpart, achieves lower prediction errors in SoC estimation tasks. The enhanced performance of the proposed model can be attributed to its improved capability to capture long-term temporal dependencies by processing sequential data through LSTM layers at an earlier stage in the network.

These findings suggest that, even without altering the number of layers, neurons, or other architectural parameters, reordering the LSTM and CNN layers in a hybrid deep learning structure can lead to a significant improvement in accuracy. Therefore, the study provides compelling evidence that LSTM-CNN architectures are better suited for time series-based SoC prediction, particularly in applications where learning temporal patterns is critical.

3. CONCLUSION

In data-driven approaches for estimating the SoC of electric vehicles, various model architectures have been proposed. With the advancement of hardware capabilities, deep learning models that require substantial computational resources are now being successfully implemented for this purpose. Rather than relying solely on single architecture, recent trends have focused on hybrid models that integrate the strengths of multiple networks.

In this study, a hybrid LSTM-CNN architecture is proposed for SoC estimation. The performance of the proposed model was compared with that of a CNN-LSTM model configured with identical hyperparameters. To evaluate model robustness under varying thermal conditions, three separate experimental setups were conducted:

1. Using only data at 25 °C,
2. Using only non-negative temperatures (0 °C, 10 °C, and 25 °C), and
3. Using both negative and positive temperatures (–20 °C to 25 °C).

The experiment conducted at 25 °C, where the temperature remained constant, yielded the highest overall accuracy. Despite the limited amount of training data, the absence of thermal fluctuations reduced data complexity, allowing the models to generalize more effectively. However, since this setup does not reflect realistic operating conditions, the second experiment incorporated multiple non-negative temperature levels. However, the increased data diversity introduced by the temperature variation had negative impact on model performance, especially for the CNN-LSTM architecture.

In contrast, the LSTM-CNN model consistently outperformed CNN-LSTM in terms of average error across all temperatures and driving cycles. In the final experiment, which included extremely low temperatures (down to -20°C), the proposed model once again demonstrated greater robustness and consistency in its predictions.

While the CNN-LSTM architecture achieved the lowest single MSE value across all experiments (0.0002016), it failed to maintain this performance in other scenarios. The highest MSE values in each of the three experiments—0.0006844, 0.0010145, and 0.0041823—were all produced by the CNN-LSTM model. These results demonstrate that the LSTM-CNN architecture not only provides higher accuracy but also better generalization and stability across varying thermal and operational conditions, making it a more suitable candidate for real-world SoC estimation tasks.

REFERENCES

- Ahmadzadeh, M., Zahrai, S. M., & Bitaraf, M. (2025). An integrated deep neural network model combining 1D CNN and LSTM for structural health monitoring utilizing multisensor time-series data. *Structural Health Monitoring*, 24(1), 447-465.
- Bhattacharjee, A., Verma, A., Mishra, S., & Saha, T. K. (2021). Estimating state of charge for xEV batteries using 1D convolutional neural networks and transfer learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(4), 3123-3135.
- Chandran, V., Patil, C. K., Karthick, A., Ganeshaperumal, D., Rahim, R., & Ghosh, A. (2021). State of charge estimation of lithium-ion battery for electric vehicles using machine learning algorithms. *World Electric Vehicle Journal*, 12(1), 38.
- Corradi, C., Sica, E., & Morone, P. (2023). What drives electric vehicle adoption? Insights from a systematic review on European transport actors and behaviours. *Energy Research & Social Science*, 95, 102908.
- Cui, Z., Hu, W., Zhang, G., Zhang, Z., & Chen, Z. (2022). An extended Kalman filter based SOC estimation method for Li-ion battery. *Energy reports*, 8, 81-87.
- Dey, R., & Salem, F. M. (2017). *Gate-variants of gated recurrent unit (GRU) neural networks*. Paper presented at the 2017 IEEE 60th international midwest symposium on circuits and systems (MWSCAS).
- Fan, X., Zhang, W., Zhang, C., Chen, A., & An, F. (2022). SOC estimation of Li-ion battery using convolutional neural network with U-Net architecture. *Energy*, 256, 124612.
- Feng, X., Chen, J., Zhang, Z., Miao, S., & Zhu, Q. (2021). State-of-charge estimation of lithium-ion battery based on clockwork recurrent neural network. *Energy*, 236, 121360.
- Fotouhi, Z., Hashemi, M. R., Narimani, H., & Bayram, I. S. (2019). A general model for EV drivers' charging behavior. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(8), 7368-7382.
- Gotz, J. D., Teixeira, M. A. S., Corrêa, F. C., Viana, E. R., Badin, A. A., & Borsato, M. (2024). *The Influence of Overcharging and Over-Discharging on the Capacity Degradation of Lithium-Ion Batteries*. Paper presented at the 2024 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC).
- Hannan, M. A., How, D. N., Lipu, M. H., Ker, P. J., Dong, Z. Y., Mansur, M., & Blaabjerg, F. (2020). SOC estimation of Li-ion batteries with learning rate-optimized deep fully convolutional network. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(7), 7349-7353.
- Huang, Z., Best, M., Knowles, J., & Fly, A. (2022). Adaptive piecewise equivalent circuit model with SOC/SOH estimation based on extended Kalman filter. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 38(2), 959-970.
- Ige, A. O., & Sibiya, M. (2024). State-of-the-art in 1d convolutional neural networks: A survey. *IEEE Access*.

- Jiang, P., Wang, H., Huang, G., Feng, W., Xiong, M., Zhao, J., . . . Zhu, T. (2024). An end-cloud collaboration for state-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on extended Kalman filter and convolutional neural network (CNN)—long short-term memory (LSTM)—attention mechanism (AM). *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 16(2).
- Jiang, Z., Zhang, Y., & Gao, R. An Improved Electrochemical-Thermal Coupling Model for State-of-Charge Estimation of Lithium-Ion Battery. Available at SSRN 5211540.
- Keren, G., & Schuller, B. (2016). *Convolutional RNN: an enhanced model for extracting features from sequential data*. Paper presented at the 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN).
- Kollmeyer, P., Vidal, C., Naguib, M., & Skells, M. (2020). LG 18650HG2 Li-ion battery data and example deep neural network xEV SOC estimator script. *Mendeley Data*, 3(2020).
- Korkmaz, M. (2023). SoC estimation of lithium-ion batteries based on machine learning techniques: A filtered approach. *Journal of Energy Storage*, 72, 108268.
- Kozłowski, E., Wiśniowski, P., Gis, M., Zimakowska-Laskowska, M., & Borucka, A. (2024). Vehicle acceleration and speed as factors determining energy consumption in electric vehicles. *Energies*, 17(16), 4051.
- Kumar, I., Dasari, M., Danamaraju, C., KV, B., Mohanavel, V., & Dhanraj, J. A. (2024). *Improving State of Charge Estimation for Lithium-Ion Batteries through Optimized CNN Models*. Paper presented at the 2024 5th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI).
- Li, C., Xiao, F., Fan, Y., Yang, G., & Zhang, W. (2019). *A recurrent neural network with long short-term memory for state of charge estimation of lithium-ion batteries*. Paper presented at the 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC).
- Li, R., Sun, H., Wei, X., Ta, W., & Wang, H. (2022). Lithium battery state-of-charge estimation based on AdaBoost. Rt-RNN. *Energies*, 15(16), 6056.
- Li, Y., Li, K., Liu, X., Li, X., Zhang, L., Rente, B., . . . Grattan, K. T. (2022). A hybrid machine learning framework for joint SOC and SOH estimation of lithium-ion batteries assisted with fiber sensor measurements. *Applied energy*, 325, 119787.
- Lin, X., Tang, Y., Ren, J., & Wei, Y. (2021). State of charge estimation with the adaptive unscented Kalman filter based on an accurate equivalent circuit model. *Journal of Energy Storage*, 41, 102840.
- Lipu, M. H., Ansari, S., Miah, M. S., Meraj, S. T., Hasan, K., Shihavuddin, A., . . . Hussain, A. (2022). Deep learning enabled state of charge, state of health and remaining useful life estimation for smart battery management system: Methods, implementations, issues and prospects. *Journal of Energy Storage*, 55, 105752.
- Liu, Y., He, Y., Bian, H., Guo, W., & Zhang, X. (2022). A review of lithium-ion battery state of charge estimation based on deep learning: Directions for improvement and future trends. *Journal of Energy Storage*, 52, 104664.
- Lu, W., Li, J., Li, Y., Sun, A., & Wang, J. (2020). A CNN-LSTM-based model to forecast stock prices. *Complexity*, 2020(1), 6622927.
- Ma, L., Hu, C., & Cheng, F. (2021). State of charge and state of energy estimation for lithium-ion batteries based on a long short-term memory neural network. *Journal of Energy Storage*, 37, 102440.
- Manoharan, A., Begam, K., Aparow, V. R., & Sooriamoorthy, D. (2022). Artificial Neural Networks, Gradient Boosting and Support Vector Machines for electric vehicle battery state estimation: A review. *Journal of Energy Storage*, 55, 105384.

- Martyushev, N. V., Malozyomov, B. V., Khalikov, I. H., Kukartsev, V. A., Kukartsev, V. V., Tynchenko, V. S., . . . Qi, M. (2023). Review of methods for improving the energy efficiency of electrified ground transport by optimizing battery consumption. *Energies*, 16(2), 729.
- Mo, T., Li, Y., Lau, K.-t., Poon, C. K., Wu, Y., & Luo, Y. (2022). Trends and emerging technologies for the development of electric vehicles. *Energies*, 15(17), 6271.
- Monirul, I. M., Qiu, L., & Ruby, R. (2024). Accurate SOC estimation of ternary lithium-ion batteries by HPPC test-based extended Kalman filter. *Journal of Energy Storage*, 92, 112304.
- Movassagh, K., Raihan, A., Balasingam, B., & Pattipati, K. (2021). A critical look at coulomb counting approach for state of charge estimation in batteries. *Energies*, 14(14), 4074.
- Muhith, T., Behara, S., & Reddy, M. A. (2024). An Investigation into the Viability of Battery Technologies for Electric Buses in the UK. *Batteries*, 10(3), 91.
- Mutegeki, R., & Han, D. S. (2020). *A CNN-LSTM approach to human activity recognition*. Paper presented at the 2020 international conference on artificial intelligence in information and communication (ICAIIIC).
- Naseri, F., Schaltz, E., Stroe, D.-I., Gismero, A., & Farjah, E. (2021). An enhanced equivalent circuit model with real-time parameter identification for battery state-of-charge estimation. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(4), 3743-3751.
- Oyewole, I., Chehade, A., & Kim, Y. (2022). A controllable deep transfer learning network with multiple domain adaptation for battery state-of-charge estimation. *Applied energy*, 312, 118726.
- Ozer, O., & Arabaci, H. (2025). State Of Charge Estimation in Li-ion Batteries Using a Parallel LSTM-Based Approach: The Impact of Modelling Based on Operating States. *IEEE Access*.
- Pradhan, S. K., & Chakraborty, B. (2022). Battery management strategies: An essential review for battery state of health monitoring techniques. *Journal of Energy Storage*, 51, 104427.
- Priyadharshini, K., Mathias, A., Krishnan, R. S., Kanthimathi, N., Raj, J. R. F., & Malar, P. S. R. (2025). *A Multi-Resolution Deep Learning Approach for IoT-Integrated Biomedical Signal Processing using CNN-LSTM*. Paper presented at the 2025 5th International Conference on Trends in Material Science and Inventive Materials (ICTMIM).
- Reader, G. T. (2021). *Defeating the Impacts of Changing Climates*. Paper presented at the Turbulence & Energy Laboratory Annual Conference.
- Rehman, A., Alam, M. M., Ozturk, I., Alvarado, R., Murshed, M., Işık, C., & Ma, H. (2023). Globalization and renewable energy use: how are they contributing to upsurge the CO2 emissions? A global perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 9699-9712.
- Ren, X., Liu, S., Yu, X., & Dong, X. (2021). A method for state-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on PSO-LSTM. *Energy*, 234, 121236.
- Rhoden, L. T. (2025). Impact of Climate Change on Marine Ecosystems. *Coastal and Marine Pollution: Source to Sink, Mitigation and Management*, 359-387.
- Rzepka, B., Bischof, S., & Blank, T. (2021). Implementing an extended Kalman filter for SoC estimation of a Li-ion battery with hysteresis: A step-by-step guide. *Energies*, 14(13), 3733.
- Sagheer, A., & Kotb, M. (2019). Time series forecasting of petroleum production using deep LSTM recurrent networks. *Neurocomputing*, 323, 203-213.

- Schmidhuber, J., & Hochreiter, S. (1997). Long short-term memory. *Neural Comput*, 9(8), 1735-1780.
- Sesidhar, D., Badachi, C., & Green II, R. C. (2023). A review on data-driven SOC estimation with Li-Ion batteries: Implementation methods & future aspirations. *Journal of Energy Storage*, 72, 108420.
- Sherkatghanad, Z., Ghazanfari, A., & Makarenkov, V. (2024). A self-attention-based CNN-Bi-LSTM model for accurate state-of-charge estimation of lithium-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 88, 111524.
- Song, X., Yang, F., Wang, D., & Tsui, K.-L. (2019). Combined CNN-LSTM network for state-of-charge estimation of lithium-ion batteries. *IEEE Access*, 7, 88894-88902.
- Stighezza, M., Bianchi, V., & De Munari, I. (2021). FPGA implementation of an ant colony optimization based SVM algorithm for state of charge estimation in Li-ion batteries. *Energies*, 14(21), 7064.
- Szumaska, E. M., & Jurecki, R. S. (2021). Parameters influencing on electric vehicle range. *Energies*, 14(16), 4821.
- Tang, H., Wu, Y., Cai, Y., Wang, F., Lin, Z., & Pei, Y. (2022). Design of power lithium battery management system based on digital twin. *Journal of Energy Storage*, 47, 103679.
- Tarhan, B., Yetik, O., & Karakoc, T. H. (2021). Hybrid battery management system design for electric aircraft. *Energy*, 234, 121227.
- Thireou, T., & Reczko, M. (2007). Bidirectional long short-term memory networks for predicting the subcellular localization of eukaryotic proteins. *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, 4(3), 441-446.
- Tian, H., & Chen, J. (2022). Deep learning with spatial attention-based CONV-LSTM for SOC estimation of lithium-ion batteries. *Processes*, 10(11), 2185.
- Tian, J., Xiong, R., Lu, J., Chen, C., & Shen, W. (2022). Battery state-of-charge estimation amid dynamic usage with physics-informed deep learning. *Energy Storage Materials*, 50, 718-729.
- Tian, J., Xiong, R., Shen, W., & Lu, J. (2021). State-of-charge estimation of LiFePO₄ batteries in electric vehicles: A deep-learning enabled approach. *Applied energy*, 291, 116812.
- Tong, H., & Hung, W. (2010). A framework for developing driving cycles with on-road driving data. *Transport reviews*, 30(5), 589-615.
- Vidal, C., Malysz, P., Naguib, M., Emadi, A., & Kollmeyer, P. J. (2022). Estimating battery state of charge using recurrent and non-recurrent neural networks. *Journal of Energy Storage*, 47, 103660.
- Wang, S., & Jiang, J. (2015). Learning natural language inference with LSTM. *arXiv preprint arXiv:1512.08849*.
- Wang, S., Takyi-Aninakwa, P., Jin, S., Yu, C., Fernandez, C., & Stroe, D.-I. (2022). An improved feedforward-long short-term memory modeling method for the whole-life-cycle state of charge prediction of lithium-ion batteries considering current-voltage-temperature variation. *Energy*, 254, 124224.
- Wu, Y., Zheng, B., & Zhao, Y. (2018). *Dynamic gesture recognition based on LSTM-CNN*. Paper presented at the 2018 Chinese Automation Congress (CAC).
- Xia, K., Huang, J., & Wang, H. (2020). LSTM-CNN architecture for human activity recognition. *IEEE Access*, 8, 56855-56866.
- Xu, H., Wu, L., Xiong, S., Li, W., Garg, A., & Gao, L. (2023). An improved CNN-LSTM model-based state-of-health estimation approach for lithium-ion batteries. *Energy*, 276, 127585.

- Xu, X., Han, X., Lu, L., Wang, F., Yang, M., Liu, X., . . . Hou, J. (2024). Challenges and opportunities toward long-life lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 603, 234445.
- Xu, Z., Wang, J., Lund, P. D., & Zhang, Y. (2022). Co-estimating the state of charge and health of lithium batteries through combining a minimalist electrochemical model and an equivalent circuit model. *Energy*, 240, 122815.
- Yang, B., Wang, J., Cao, P., Zhu, T., Shu, H., Chen, J., . . . Zhu, J. (2021). Classification, summarization and perspectives on state-of-charge estimation of lithium-ion batteries used in electric vehicles: A critical comprehensive survey. *Journal of Energy Storage*, 39, 102572.
- Yu, Q., Huang, Y., Tang, A., Wang, C., & Shen, W. (2023). OCV-SOC-temperature relationship construction and state of charge estimation for a series-parallel lithium-ion battery pack. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(6), 6362-6371.
- Zha, W., Liu, Y., Wan, Y., Luo, R., Li, D., Yang, S., & Xu, Y. (2022). Forecasting monthly gas field production based on the CNN-LSTM model. *Energy*, 260, 124889.
- Zhang, J., Li, Y., Tian, J., & Li, T. (2018). *LSTM-CNN hybrid model for text classification*. Paper presented at the 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC).
- Zhang, L., Huang, L., Zhang, Z., Wang, Z., & Dorrell, D. D. (2022). Degradation characteristics investigation for lithium-ion cells with NCA cathode during overcharging. *Applied energy*, 327, 120026.
- Zhang, X., Li, Z., Luo, L., Fan, Y., & Du, Z. (2022). A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Energy*, 238, 121652.
- Zhao, Y., Li, Y., Cao, Y., Jiang, L., Wan, J., & Rehtanz, C. (2023). An RNN with small sequence trained by multi-level optimization for SOC estimation in Li-ion battery applications. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 72(9), 11469-11481.
- Zhou, W., Zheng, Y., Pan, Z., & Lu, Q. (2021). Review on the battery model and SOC estimation method. *Processes*, 9(9), 1685.
- Zucchet, N., & Orvieto, A. (2024). Recurrent neural networks: vanishing and exploding gradients are not the end of the story. *Advances in neural information processing systems*, 37, 139402-139443.

THE USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENGINEERING EDUCATION: ACADEMIC USAGE PATTERNS AND STUDENT PERCEPTIONS

Asst. Prof. Dr. Ali İhsan BOYACI¹ / Yusuf ÇETİNARSLAN²

¹Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering,
ali.ihsan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3656-6164

²Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering,
yusufcetinarslan04@gmail.com, ORCID: 0009-0000-4452-4066

Abstract

Generative artificial intelligence tools are increasingly transforming the ways in which students access information, produce academic content, solve technical problems, and structure their learning processes in higher education. This transformation is particularly important for engineering education, where analytical thinking, numerical problem solving, coding, and technical reporting skills are used extensively. In this context, this study aims to examine engineering students' academic usage patterns of generative artificial intelligence tools, their trust perceptions toward these tools, and their awareness of the possible effects of such tools on critical thinking and problem-solving skills. In the study, data obtained through an online survey from students of the Faculty of Engineering at Kocaeli University were evaluated. Frequency analysis, reliability analysis, one-way analysis of variance, and Pearson correlation analysis were used to analyze the data. The findings show that students actively use artificial intelligence tools particularly for understanding mathematical and technical problem-solving processes, preparing academic reports, summarizing lecture notes, receiving coding support, and translating technical content. In terms of platform preferences, Google Gemini was found to stand out in general use, while ChatGPT was positioned as a complementary tool, especially in coding and algorithm development processes. The analysis results indicate that as the frequency of artificial intelligence use increases, students' level of trust in the outputs of these tools also increases. However, more intensive use appears to develop together with concern and awareness regarding the potential weakening of critical thinking skills. No significant difference was found in students' perception of finding it more comfortable to ask questions to artificial intelligence according to class level. As a result, the study reveals that engineering students regard generative artificial intelligence tools not only as practical academic support mechanisms, but also as learning components whose limitations, risks, and ethical dimensions should be taken into consideration.

Keywords: Generative artificial intelligence, engineering education, academic use, student perception, critical thinking.

MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI: AKADEMİK KULLANIM ALIŞKANLIKLARI VE ÖĞRENCİ ALGILARI

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan BOYACI¹ / Yusuf ÇETİNARSLAN²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ali.ihsan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3656-6164

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yusufcetinarслан04@gmail.com, ORCID: 0009-0000-4452-4066

Özet

Üretken yapay zekâ araçları, yükseköğretimde öğrencilerin bilgiye erişme, akademik içerik üretme, teknik problemleri çözme ve öğrenme süreçlerini yapılandırma biçimlerini giderek dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, özellikle analitik düşünme, sayısal problem çözme, kodlama ve teknik raporlama becerilerinin yoğun biçimde kullanıldığı mühendislik eğitimi açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Bu doğrultuda bu çalışma, mühendislik öğrencilerinin üretken yapay zekâ araçlarını akademik süreçlerde kullanım alışkanlıklarını, bu araçlara yönelik güven algılarını ve eleştirel düşünme ile problem çözme becerileri üzerindeki olası etkilerine ilişkin farkındalıklarını incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğrencilerinden çevrim içi anket yoluyla elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde frekans analizi, güvenilirlik analizi, tek yönlü varyans analizi ve Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Bulgular, öğrencilerin yapay zekâ araçlarını özellikle matematiksel ve teknik problem çözüm süreçlerini anlamlandırma, akademik rapor hazırlama, ders notlarını özetleme, kodlama desteği alma ve teknik çeviri yapma gibi alanlarda aktif biçimde kullandığını göstermektedir. Platform tercihleri açısından Google Gemini'nin genel kullanımda öne çıktığı, ChatGPT'nin ise özellikle kodlama ve algoritma geliştirme süreçlerinde tamamlayıcı bir araç olarak konumlandığı belirlenmiştir. Analiz sonuçları, yapay zekâ kullanım sıklığı arttıkça öğrencilerin bu araçların çıktılarına yönelik güven düzeylerinin de yükseldiğini göstermektedir. Bununla birlikte, daha yoğun kullanımın eleştirel düşünme becerilerinin zayıflayabileceğine ilişkin kaygı ve farkındalıkla birlikte geliştiği görülmektedir. Öğrencilerin sınıf düzeyine göre yapay zekâyı soru sormayı daha rahatlatıcı bulma algısında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Sonuç olarak çalışma, mühendislik öğrencilerinin üretken yapay zekâ araçlarını yalnızca pratik bir akademik destek unsuru olarak değil, aynı zamanda sınırları, riskleri ve etik boyutları dikkate alınması gereken bir öğrenme bileşeni olarak değerlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üretken yapay zekâ, mühendislik eğitimi, akademik kullanım, öğrenci algısı, eleştirel düşünme.

1. INTRODUCTION

The public release of ChatGPT in late 2022 marked a turning point for the integration of generative artificial intelligence (GenAI) into higher education, rapidly changing the ways in which students access information, produce academic content, solve technical problems, and structure their own learning (Kasneci et al., 2023; Ravšelj et al., 2025). Within a short period, large language model (LLM)-based assistants such as ChatGPT, Google Gemini, Claude, and GitHub Copilot moved from being speculative novelties to everyday study companions on university campuses worldwide (Baek et al., 2024). This transformation carries particular weight for engineering education, where analytical reasoning, numerical problem solving, coding, and technical reporting are exercised intensively and where GenAI functions not only as a productivity aid but also as a genuine pedagogical disruptor (Uddin et al., 2024; Kasneci et al., 2023).

Empirical evidence indicates that student engagement with GenAI is already substantial rather than peripheral. A large-scale global survey of more than 23,000 students across 109 countries reported that learners primarily use these tools for brainstorming, summarizing texts, and locating research material, while also expressing awareness of their limitations (Ravšelj et al., 2025). Discipline-specific studies in engineering similarly document that students routinely rely on GenAI for explaining concepts, checking solutions, debugging code, and drafting technical documents (Uddin et al., 2024). A recurring observation is that students do not commit to a single platform; instead, they assemble a hybrid tool ecosystem, matching a given tool to a given academic need (Baek et al., 2024).

At the same time, this rapid adoption raises well-documented concerns. GenAI outputs are prone to hallucination and factual unreliability, which places a premium on students' capacity to verify and critically filter what these systems produce (Kasneci et al., 2023; Amoozadeh et al., 2024). A growing body of work further cautions that habitual reliance on AI may promote cognitive offloading—the delegation of cognitive effort to external tools—and, over time, weaken independent and critical thinking (Risko & Gilbert, 2016; Zhai et al., 2024; Gerlich, 2025). Trust in these tools is therefore a central construct: students tend to evaluate GenAI through its perceived effectiveness, and their willingness to rely on it is closely tied to how accurate and dependable they judge its outputs to be (Amoozadeh et al., 2024).

Despite this expanding literature, comparatively little discipline-specific evidence exists for engineering students in the Turkish higher-education context, where formal institutional regulation of GenAI use remains limited (Karahan Adalı & Bilgili, 2025; Aydın & Karaarslan, 2023). Accordingly, the present study examines how engineering students at Kocaeli University use GenAI tools in their academic work, which platforms they prefer for which tasks, how much they trust the outputs of these tools, and how aware they are of the potential effects of GenAI on their critical-thinking and problem-solving skills. Drawing on an online survey of 110 students and using frequency analysis, reliability analysis, one-way analysis of variance (ANOVA), and Pearson correlation analysis, the study contributes discipline- and context-specific quantitative evidence and, in particular, tests whether the frequency of academic GenAI use is associated with students' trust in these tools and with their awareness of possible critical-thinking erosion. The remainder of the paper reviews the relevant literature, describes the data and methods, presents the empirical findings, and closes with a discussion of implications, limitations, and directions for future research.

2. THEORETICAL FRAMEWORK AND LITERATURE REVIEW

2.1. Generative AI in higher and engineering education

Since the release of ChatGPT, a rapidly growing literature has sought to map how students adopt and use GenAI in higher education. Position papers framed the debate early on by outlining both the opportunities—content generation, personalized explanation, and increased engagement—and the challenges—accuracy, assessment

integrity, and the new literacies required to use such systems responsibly (Kasneci et al., 2023). Subsequent survey studies quantified adoption at scale: Ravšelj et al. (2025), in a study spanning 109 countries, found that summarizing, brainstorming, and information retrieval dominate student use, whereas fully automated writing is comparatively rare. Comparable patterns appear across national and institutional samples, with students reporting positive attitudes and strong behavioral intentions to continue using these tools for academic tasks (Baidoo-Anu et al., 2024; Obenza et al., 2024; Albayati, 2024; Chan & Hu, 2023). In engineering and computing specifically, students employ GenAI as an explanation tool, a coding and debugging aid, and a technical-writing assistant, and several studies report that carefully integrated use does not necessarily reduce performance (Uddin et al., 2024). Collectively, this line of work suggests that GenAI has become embedded in everyday academic practice rather than remaining an occasional supplement.

2.2. Platform preferences and hybrid use

A distinctive feature of current student behavior is the parallel use of multiple GenAI platforms. Rather than depending on a single system, students tend to construct a hybrid "tool pool" and select tools according to task-specific performance—for example, favoring one system for summarizing and explanation and another for programming support (Baek et al., 2024). Comparative and cross-national studies note that while ChatGPT is frequently the most widely recognized tool, Google Gemini, Microsoft Copilot, and specialized assistants are also cited for particular purposes, reflecting a pragmatic, needs-driven selection logic (Sun & Zhou, 2024). This pattern implies that platform preference is better understood as a mapping between tool and task than as loyalty to a single brand.

2.3. Trust, reliability, and calibrated use

Because LLM outputs can be fluent yet factually incorrect, trust is a pivotal determinant of how students engage with GenAI. Evidence indicates that students often evaluate these tools through perceived effectiveness and that their trust is tightly coupled to judgments of accuracy and reliability (Amoozadeh et al., 2024). Importantly, trust is not uniform: it tends to be domain-dependent, higher for tasks such as language support and lower for information that is volatile or easily fabricated, reflecting an awareness of hallucination risk (Kasneci et al., 2023). Several studies describe a form of calibrated trust, in which more experienced users neither reject nor blindly accept AI outputs but instead verify and cross-check them (Amoozadeh et al., 2024; Acosta-Enriquez et al., 2024). This suggests that trust and experience may reinforce one another, an association the present study examines directly.

2.4. Cognitive offloading and critical thinking

A parallel and more critical strand of research addresses the cognitive consequences of GenAI use. Grounded in the theory of cognitive offloading, whereby individuals shift cognitive effort onto external tools to conserve mental resources (Risko & Gilbert, 2016), scholars warn that habitual delegation of thinking to AI may reduce reflective engagement and, over time, weaken analytical and critical-thinking skills (Zhai et al., 2024; Gerlich, 2025). Review and meta-analytic evidence is nuanced: guided, reflective use can support higher-order thinking, whereas unstructured or excessive reliance is associated with superficial engagement and dependence (Zhai et al., 2024). Notably, Gerlich (2025) reports that younger users exhibit higher AI dependence and that higher education can serve as a partial buffer against cognitive offloading. These findings motivate examining not only how frequently engineering students use GenAI, but also whether heavier use coincides with greater awareness of its potential cognitive costs.

2.5. The Turkish higher-education context

Within Türkiye, GenAI has diffused quickly among university students even as formal institutional guidelines remain nascent (Karahan Adalı & Bilgili, 2025; Chan, 2023). Turkish studies report broadly positive but

paradoxical attitudes—students recognize productivity gains while voicing concerns about ethics, dependence, and academic integrity (Aydın & Karaarslan, 2023; Karahan Adalı & Bilgili, 2025). However, most existing Turkish evidence is drawn from mixed or non-engineering populations, and discipline-specific accounts of how engineering students integrate GenAI into technical tasks—and how their usage relates to trust and critical-thinking awareness—remain scarce. The present study addresses this gap with a focused sample of engineering students at a Turkish state university.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Research design and sample

This study adopted a quantitative, cross-sectional survey design to describe engineering students' academic usage patterns, platform preferences, trust perceptions, and awareness of the cognitive effects of GenAI. Data were collected through an online questionnaire administered to students enrolled at the Faculty of Engineering, Kocaeli University (Türkiye). A total of 110 valid responses were obtained, and analyses were conducted at a 95% confidence level. The demographic composition of the sample is reported in Section 4.1; briefly, respondents were distributed across ten engineering departments and all undergraduate class levels, with the majority aged between 21 and 23 years.

3.2. Data collection instrument

The questionnaire comprised four groups of items. The first group captured demographic and academic background (department, class level, age band, and cumulative grade point average, CGPA). The second group used a multiple-response format in which students could select all GenAI tools they actively use (ChatGPT, Google Gemini, Claude, GitHub Copilot, Perplexity, and DeepL) and indicate the tool they found most effective for specific engineering needs. The third group consisted of five-point Likert items (1 = never / strongly disagree to 5 = always / strongly agree) measuring (i) the frequency of using GenAI as an assistant across five academic tasks—summarizing lecture notes, coding and debugging, mathematical problem solving, report writing, and technical translation; (ii) trust in GenAI outputs across four domains; and (iii) attitudinal statements regarding comfort in consulting GenAI versus an instructor and concern about the weakening of critical thinking. The fourth group used a single categorical item on the perceived future role of GenAI in the engineering profession. The use of Likert-type perception items follows established practice in technology-acceptance research (Davis, 1989).

3.3. Data analysis

All analyses were performed in IBM SPSS Statistics. Frequency and descriptive statistics summarized demographic characteristics, tool adoption, usage frequency, and trust. The internal consistency of the ten Likert perception items was assessed using Cronbach's alpha (Cronbach, 1951). Prior to inferential testing, the distribution of the composite academic-assistant usage score was examined using the Kolmogorov–Smirnov and Shapiro–Wilk tests together with skewness and kurtosis values; following George and Mallery (2010), skewness and kurtosis within ± 2 were taken as evidence of approximate normality sufficient for parametric analysis in a sample of this size. A one-way ANOVA (with Levene's test of homogeneity of variances) examined whether the perception of finding GenAI more comfortable to consult than an instructor differed by class level. Finally, Pearson correlation analysis tested the associations between the frequency of academic GenAI use and (a) concern about the weakening of critical thinking and (b) trust in GenAI outputs.

4. FINDINGS

4.1. Demographic profile of participants

Table 1 summarizes the demographic and academic profile of the 110 participants. The sample spanned ten engineering departments, with the largest groups from Mechanical (20.9%), Industrial (20.0%), and Computer

(18.2%) Engineering; the remaining departments each contributed between 5.5% and 7.3% of respondents (Figure 1). Class levels were distributed fairly evenly across the undergraduate cohort, and the age distribution was concentrated in the 21–23 band (62.7%). The modal CGPA bands were 2.51–3.00 and 3.01–3.50 (each 29.1%), indicating a mid-to-upper academic performance profile.

Table 1. Demographic and academic profile of participants

Variable	Category	Frequency (n)	Percent (%)
Department	Mechanical Engineering	23	20.9
	Industrial Engineering	22	20.0
	Computer Engineering	20	18.2
	Electrical Engineering	8	7.3
	Electronics Engineering	7	6.4
	Civil Engineering	6	5.5
	Geomatics Engineering	6	5.5
	Chemical Engineering	6	5.5
	Mechatronics Engineering	6	5.5
	Metallurgical Engineering	6	5.5
Class level	1st year	21	19.1
	2nd year	27	24.5
	3rd year	25	22.7
	4th year	27	24.5
	5th year	7	6.4
	6th year and above	3	2.7
Age (years)	18–20	28	25.5
	21–23	69	62.7
	24–26	13	11.8
CGPA	1.01–2.00	11	10.0
	2.01–2.50	27	24.5
	2.51–3.00	32	29.1
	3.01–3.50	32	29.1
	3.51–4.00	8	7.3

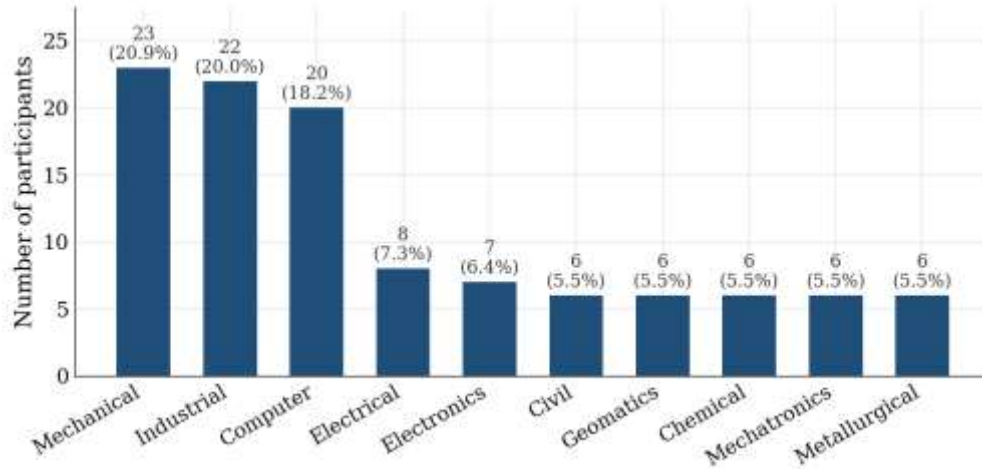


Figure 1. Distribution of participants by engineering department

4.2. GenAI tool adoption and platform preferences

Descriptive statistics for tool adoption are reported in Table 2 and visualized in Figure 2. Google Gemini was by far the most widely used tool, adopted by 86.4% of respondents, followed by ChatGPT (70.0%). Claude (26.4%), DeepL (10.0%), GitHub Copilot (8.2%), and Perplexity (2.7%) occupied more specialized niches. Because the item allowed multiple selections, the summed adoption exceeds 100%, confirming that students rely on a hybrid pool of tools rather than a single system.

Table 2. Descriptive statistics for GenAI tool adoption (binary: 1 = uses the tool)

Tool	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
ChatGPT	110	0	1	.70	.460
Claude	110	0	1	.26	.443
Google Gemini	110	0	1	.86	.345
GitHub Copilot	110	0	1	.08	.275
Perplexity	110	0	1	.03	.164
DeepL	110	0	1	.10	.301

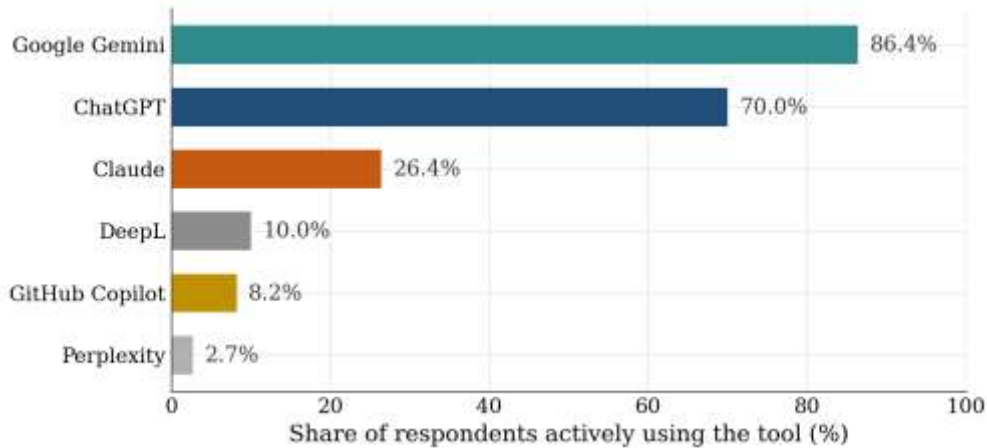


Figure 2. GenAI tool adoption rates among engineering students (multiple response)

When asked which platform they found most effective for specific engineering needs, students positioned Gemini as the leading choice for text summarizing and reporting (0.71), mathematical problem solving (0.72), and foreign-language support (0.64). For coding and algorithm development, however, Gemini (0.64) and ChatGPT (0.44) were comparably prominent, indicating hybrid use in software-related tasks (Figure 3). This task-dependent selection pattern is consistent with the needs-driven, multi-tool behavior reported in the literature (Baek et al., 2024; Ravšelj et al., 2025).

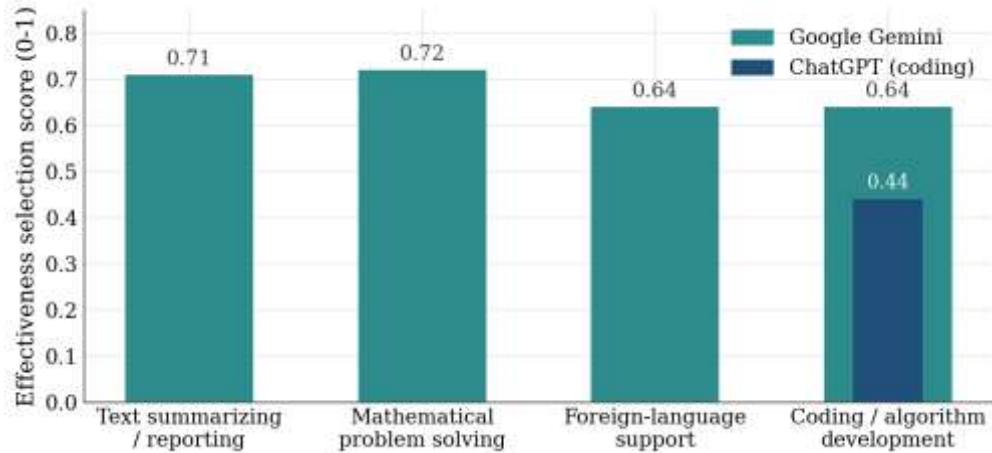


Figure 3. Effectiveness of the leading platform across academic need areas

4.3. Frequency of GenAI use across academic tasks

Table 3 and Figure 4 present the frequency with which students use GenAI as an assistant across five academic tasks. Mean usage exceeded the scale midpoint (3.0) for every task, indicating a moderate-to-high level of integration. Use was highest for mathematical problem solving ($M = 3.58$, $SD = 1.12$), followed by report writing ($M = 3.41$) and summarizing lecture notes ($M = 3.26$). Coding and debugging ($M = 3.10$) and technical translation ($M = 3.09$) were somewhat lower but still above the midpoint. The composite academic-assistant score had a mean of 3.29 ($SD = 0.96$), confirming that GenAI is a routine component of these students' study practices.

Table 3. Frequency of using GenAI as an academic assistant

Academic task	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Summarizing lecture notes	110	1	5	3.26	1.304
Coding and debugging	110	1	5	3.10	1.341
Mathematical problem solving	110	1	5	3.58	1.120
Report writing	110	1	5	3.41	1.383
Technical translation	110	1	5	3.09	1.411

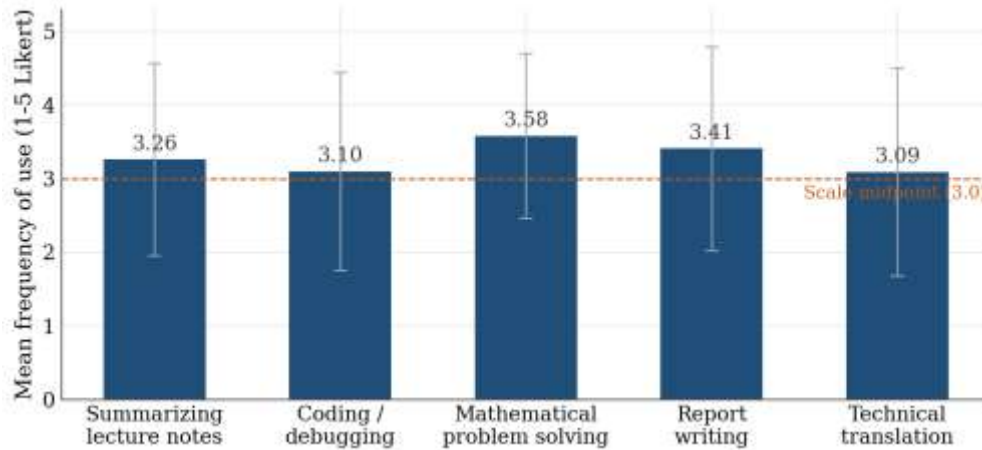


Figure 4. Mean frequency of GenAI use across academic tasks (error bars: ± 1 SD)

4.4. Trust in GenAI outputs

Table 4 reports trust in GenAI outputs across four domains. Trust was highest for technical report writing and grammar ($M = 3.48$) and lowest for current events and general knowledge ($M = 3.04$). Trust in mathematical formulas and calculations ($M = 3.30$) and in code writing and debugging ($M = 3.35$) fell in between. The relatively lower trust in volatile, fact-sensitive content is consistent with an awareness of hallucination risk and with the domain-dependent, calibrated trust described in prior work (Kasneci et al., 2023; Amoozadeh et al., 2024): students appear inclined to pass technical outputs through an engineering "filter" rather than accept them uncritically.

Table 4. Trust in GenAI outputs across domains

Trust domain	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. dev.
Mathematical formulas and calculations	110	1	5	3.30	.991
Technical report writing and grammar	110	1	5	3.48	1.090
Code writing and debugging	110	1	5	3.35	1.035
Current events and general knowledge	110	1	5	3.04	1.083

4.5. Reliability analysis

The internal consistency of the ten Likert perception items was assessed with Cronbach's alpha. The scale yielded $\alpha = 0.800$, which falls within the $0.80 \leq \alpha < 1.00$ range conventionally interpreted as high reliability (George & Mallery, 2010). Item-total statistics are reported in Table 5. Corrected item-total correlations were satisfactory for most items; the single exception was the reverse-oriented critical-thinking concern item, whose low corrected correlation (0.184) and higher "alpha if item deleted" value (0.814) reflect its conceptually distinct, attitudinal nature relative to the usage and trust items. Overall, the scale demonstrated strong internal consistency.

Table 5. Item-total statistics for the perception scale (Cronbach's $\alpha = 0.800$; 10 items)

Item	Scale mean if item deleted	Scale variance if item deleted	Corrected item-total correlation	Cronbach's α if item deleted
Frequency: summarizing notes	29.54	39.976	.601	.766
Frequency: coding / debugging	29.70	43.239	.372	.796
Frequency: problem solving	29.22	41.512	.611	.768
Frequency: report writing	29.39	39.305	.598	.766
Frequency: technical translation	29.71	40.355	.516	.778
Trust: mathematical formulas	29.50	43.940	.508	.780
Trust: technical report / grammar	29.32	43.265	.498	.780
Trust: code writing / debugging	29.45	43.168	.540	.777
Trust: current events / general	29.76	45.155	.362	.794
Concern: weakens critical thinking	29.61	47.268	.184	.814

4.6. Normality of the composite usage score

To determine the appropriate class of inferential tests, the composite academic-assistant usage score was examined for normality (Table 6). Although the Kolmogorov–Smirnov ($p = 0.024$) and Shapiro–Wilk ($p = 0.027$) tests were significant—an outcome common in larger samples—the skewness (-0.327) and kurtosis (-0.365) values remained within the ± 2 range, indicating an approximately symmetric distribution. Following George and Mallery (2010), these values were taken as sufficient justification for parametric analysis.

Table 6. Normality test results for the composite academic-assistant usage score

Test	Statistic	df	Sig. (p)
Kolmogorov–Smirnov	.091	110	.024
Shapiro–Wilk	.973	110	.027

Note. Mean = 3.29; Skewness = -0.327 ; Kurtosis = -0.365 (both within ± 2), supporting approximate normality (George & Mallery, 2010).

4.7. Differences by class level (one-way ANOVA)

A one-way ANOVA tested whether the perception of finding GenAI more comfortable to consult than an instructor (without fear of judgment) differed by class level. Levene's test confirmed homogeneity of variances ($p = 0.061 > 0.05$), satisfying the assumption for parametric ANOVA. The analysis revealed no statistically significant difference across class levels, $F(5, 104) = 0.633$, $p = 0.675 > 0.05$ (Table 7); the null hypothesis was therefore retained. Notably, the overall mean for this comfort item was high ($M = 3.92$), with more than 60% of students agreeing that they find it more comfortable to consult GenAI than an instructor. The absence of a class-level effect suggests that this comfort is broadly shared across the undergraduate cohort rather than emerging only with academic seniority.

Table 7. One-way ANOVA of the "more comfortable to consult GenAI" perception by class level

Source	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	4.618	5	0.924	0.633	0.675
Within groups	151.646	104	1.458		
Total	156.264	109			

Note. Levene's test of homogeneity of variances (based on mean): $F(5, 104) = 2.191, p = 0.061 > 0.05$.

4.8. Correlational findings

Two Pearson correlations were examined (Table 8). First, the frequency of academic GenAI use was positively and significantly associated with concern that GenAI weakens critical thinking ($r = 0.191, p = 0.046 < 0.05$). Although modest in magnitude, this positive relationship indicates that students who integrate GenAI more heavily into their coursework are, if anything, more—not less—aware of its potential to encourage "cognitive laziness," consistent with the calibrated, risk-aware stance reported in the literature (Zhai et al., 2024; Gerlich, 2025). Second, the frequency of academic GenAI use was positively and more strongly associated with trust in GenAI outputs ($r = 0.462, p < 0.001$). This medium-strength relationship suggests a reinforcing feedback loop: as students accumulate practical experience with these tools, they become better able to gauge the tools' strengths and limitations, and their confidence in the outputs rises accordingly (Amoozadeh et al., 2024).

Table 8. Pearson correlation results

Relationship	Pearson r	Sig. (2-tailed)	N	Decision
Frequency of academic GenAI use ↔ concern that AI weakens critical thinking	0.191*	0.046	110	H0 rejected
Frequency of academic GenAI use ↔ trust in GenAI outputs	0.462***	< 0.001	110	H0 rejected

Note. * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$ (2-tailed).

4.9. Perceived future role of GenAI in engineering

Finally, students' views on the future role of GenAI in the engineering profession are shown in Figure 5. A majority (56.4%) regarded GenAI as a strategic partner supporting decision-making, while 26.4% expected it mainly to take over routine or auxiliary tasks and 16.4% believed it would transform engineering education without ending the profession. Crucially, the option "AI will fully replace the engineer" was selected by a negligible share (0.8%). This distribution signals a rational and professionally confident outlook: these students view GenAI as an augmenting collaborator rather than a substitute for engineering judgment.

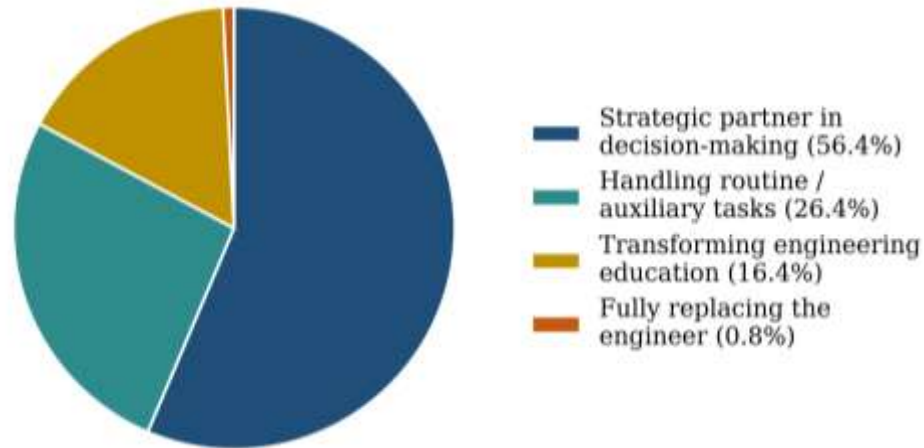


Figure 5. Students' perceptions of the future role of GenAI in the engineering profession

5. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

This study examined how engineering students at Kocaeli University use generative AI tools in their academic work, which platforms they prefer for which tasks, how much they trust these tools, and how aware they are of the tools' potential effects on critical thinking and problem solving. The findings show that GenAI has become a routine academic assistant: usage exceeded the scale midpoint for every task examined, peaking in mathematical problem solving, report writing, and note summarizing. Students relied on a hybrid pool of tools, with Google Gemini dominant in general use and ChatGPT positioned as a complementary tool—especially for coding and algorithm development.

Trust in GenAI outputs was domain-dependent, highest for technical writing and grammar and lowest for volatile, fact-sensitive content, indicating an awareness of hallucination risk. Consistent with this, the frequency of GenAI use was positively and significantly correlated with trust ($r = 0.462$, $p < 0.001$), suggesting a reinforcing feedback loop in which practical experience calibrates and strengthens students' confidence in the tools. The ten-item perception scale demonstrated high internal consistency ($\alpha = 0.800$), supporting the robustness of these measures.

At the same time, heavier use did not coincide with naïve enthusiasm. The frequency of GenAI use was positively associated with concern that these tools may weaken critical thinking ($r = 0.191$, $p = 0.046$), implying that the most active users are also among the most aware of the cognitive risks of over-reliance—a finding that resonates with cognitive-offloading research (Risko & Gilbert, 2016; Zhai et al., 2024; Gerlich, 2025). Furthermore, students overwhelmingly found it more comfortable to consult GenAI than an instructor ($M = 3.92$), and this comfort did not differ significantly by class level, $F(5, 104) = 0.633$, $p = 0.675$, indicating that GenAI lowers help-seeking barriers uniformly across the undergraduate cohort.

Taken together, the results portray engineering students who treat GenAI not merely as a practical shortcut but as a learning component whose limitations, risks, and ethical dimensions must be managed. For educators and administrators, this suggests that policy should move beyond prohibition toward cultivating AI literacy—helping students verify outputs, recognize hallucination, and preserve independent reasoning while benefiting from the tools' efficiency (Chan, 2023; Kasneci et al., 2023; Karahan Adalı & Bilgili, 2025). Assessment design, in particular, should reward the higher-order reasoning that GenAI cannot substitute for.

Several limitations should be noted. The study relied on a single-institution convenience sample of 110 students and on self-reported behavior, which constrains generalizability and may introduce response bias. The cross-sectional design also precludes causal inference; the observed usage–trust and usage–concern associations are correlational. Future research could employ larger, multi-institutional and longitudinal samples, incorporate

objective measures of critical-thinking performance, and compare disciplines to clarify how discipline-specific task structures shape GenAI adoption. Investigating how trust calibration develops over time, and how targeted AI-literacy interventions affect both trust and critical thinking, would further strengthen the evidence base for integrating GenAI responsibly into engineering education.

REFERENCES

- Acosta-Enriquez, B. G., Arbulú Ballesteros, M. A., Huamaní Jordan, O., López Roca, C., & Saavedra Tirado, K. (2024). Analysis of college students' attitudes toward the use of ChatGPT in their academic activities: effect of intent to use, verification of information and responsible use. *BMC psychology*, 12(1), 255.
- Albayati, H. (2024). Investigating undergraduate students' perceptions and awareness of using ChatGPT as a regular assistance tool: A user acceptance perspective study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100203.
- Amoozadeh, M., Daniels, D., Nam, D., Kumar, A., Chen, S., Hilton, M., ... & Alipour, M. A. (2024, March). Trust in generative AI among students: An exploratory study. In *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1* (pp. 67-73).
- Aydın, Ö., & Karaarslan, E. (2023). Is ChatGPT leading generative AI? What is beyond expectations? *Academic Platform Journal of Engineering and Smart Systems*, 11(3), 118-134.
- Baek, C., Tate, T., & Warschauer, M. (2024). “ChatGPT seems too good to be true”: College students’ use and perceptions of generative AI. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100294.
- Baidoo-Anu, D., Asamoah, D., Amoako, I., & Mahama, I. (2024). Exploring student perspectives on generative artificial intelligence in higher education learning. *Discover Education*, 3(1), 98.
- Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International journal of educational technology in higher education*, 20(1), 38.
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students’ voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International journal of educational technology in higher education*, 20(1), 43.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 13(3), 319-340.
- George, D., & Mallery, P. (1999). *SPSS® for Windows® step by step: A simple guide and reference*. Allyn & Bacon.
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6.
- Adalı, G. K., & Bilgili, A. (2025). Generative AI in higher education: Students’ perspectives on adoption, ethical concerns, and academic impact. *Acta Infologica*, 9(1), 147-166.
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and individual differences*, 103, 102274.
- Obenza, B. N., Salvahan, A., Rios, A. N., Solo, A., Albuero, R. A., & Gabila, R. J. (2024). University students' perception and use of ChatGPT: Generative artificial intelligence (AI) in higher education. *International Journal of Human Computing Studies*, 5(12), 5-18.

- Ravšelj, D., Keržič, D., Tomaževič, N., Umek, L., Brezovar, N., Iahad, N. A., ... & Aristovnik, A. (2025). Higher education students' perceptions of ChatGPT: A global study of early reactions. *PLoS One*, 20(2), e0315011.
- Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in cognitive sciences*, 20(9), 676-688.
- Sun, L., & Zhou, L. (2025). Generative artificial intelligence attitude analysis of undergraduate students and their precise improvement strategies: A differential analysis of multifactorial influences. *Education and Information Technologies*, 30(8), 10591-10626.
- Uddin, S. J., Albert, A., Tamanna, M., Ovid, A., & Alsharef, A. (2024). ChatGPT as an educational resource for civil engineering students. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(4), e22747.
- Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review. *Smart learning environments*, 11(1), 28.

AWARENESS AND ACTION LEVELS OF UNIVERSITY STUDENTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Asst. Prof. Dr. Ali İhsan BOYACI¹ / Yaren ÇAKMAK²

¹Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering,
ali.ihsan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3656-6164

²Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering,
yarencakmak41@gmail.com, ORCID: 0009-0007-2157-1346

Abstract

The United Nations Sustainable Development Goals provide a common global framework for addressing economic, social, and environmental problems, while higher education institutions assume important responsibilities in ensuring that these goals gain social relevance. University students' awareness levels regarding the Sustainable Development Goals and the extent to which this awareness is reflected in their daily behaviors are critically important for developing an understanding of a sustainable future. In this context, this study aims to examine university students' awareness of the United Nations Sustainable Development Goals and their behavioral tendencies related to these goals. In the study, data obtained through an online survey from students at Kocaeli University were evaluated. The data collection tool consisted of Likert-type items designed to measure students' awareness levels regarding the Sustainable Development Goals and their behavioral tendencies associated with these goals. Reliability analysis, normality test, Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis test, and correlation analysis were used to analyze the data. The findings indicate that the scale used in the study has a high level of reliability and that students' awareness of the Sustainable Development Goals is positively associated with their behavioral tendencies. However, the limited strength of this relationship suggests that awareness does not always lead to a strong behavioral transformation. Comparisons based on gender and class level revealed no significant differences in students' attitudes toward sustainable development. In addition, the fact that a considerable proportion of students do not have sufficient awareness of the Sustainable Development Goals indicates the need to strengthen education, activities, and awareness-raising initiatives in this field at the university level. As a result, the study reveals that the Sustainable Development Goals should be addressed in higher education not merely as theoretical knowledge, but as a practical field of awareness that can be reflected in students' daily life practices.

Keywords: Sustainable Development Goals, university students, awareness, behavioral tendencies, higher education.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ BAĞLAMINDA ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN FARKINDALIK VE EYLEM DÜZEYLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan BOYACI¹ / Yaren ÇAKMAK²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ali.ihsan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3656-6164

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, yarencakmak41@gmail.com, ORCID: 0009-0007-2157-1346

Özet

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlara karşı küresel ölçekte ortak bir çözüm çerçevesi sunmakta; bu hedeflerin toplumsal karşılık bulmasında yükseköğretim kurumlarına önemli sorumluluklar yüklemektedir. Üniversite öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik farkındalık düzeyleri ve bu farkındalığın günlük davranışlara ne ölçüde yansıdığı, sürdürülebilir bir gelecek anlayışının geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda bu çalışma, üniversite öğrencilerinin Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri hakkındaki farkındalıklarını ve bu hedeflere ilişkin davranış eğilimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, Kocaeli Üniversitesi öğrencilerinden çevrim içi anket yoluyla elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Veri toplama aracı, öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ilişkin farkındalık düzeylerini ve bu hedeflerle bağlantılı davranışsal eğilimlerini ölçmeye yönelik Likert tipi maddelerden oluşmaktadır. Verilerin analizinde güvenilirlik analizi, normallik testi, Mann-Whitney U testi, Kruskal-Wallis testi ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Bulgular, kullanılan ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu ve öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ilişkin farkındalıklarının davranışsal eğilimlerle pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu ilişkinin sınırlı düzeyde kalması, farkındalığın her zaman güçlü bir davranışsal dönüşüme yol açmadığını ortaya koymaktadır. Cinsiyet ve sınıf düzeyine göre yapılan karşılaştırmalarda öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma tutumları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Ayrıca öğrencilerin önemli bir bölümünün sürdürülebilir kalkınma hedefleri konusunda yeterli farkındalığa sahip olmaması, üniversite düzeyinde bu alandaki eğitim, etkinlik ve farkındalık çalışmalarının güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak çalışma, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin yükseköğretimde yalnızca teorik bilgi olarak değil, öğrencilerin günlük yaşam pratiklerine yansıtılabilecek uygulamalı bir bilinç alanı olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, üniversite öğrencileri, farkındalık, davranış eğilimleri, yükseköğretim.

1. INTRODUCTION

Adopted by the United Nations in 2015, the 2030 Agenda for Sustainable Development and its 17 Sustainable Development Goals (SDGs) constitute a shared global framework for confronting interconnected economic, social, and environmental challenges (United Nations, 2015). Achieving these goals by 2030 depends not only on governments and industry but also on an informed and engaged citizenry, and higher education institutions occupy a strategic position in this effort through their intertwined missions of teaching, research, and community outreach (Leal Filho et al., 2019; Ashida, 2023; McCowan, 2019). Universities shape the knowledge, values, and competencies of the professionals and citizens who will implement the SDGs, which makes the sustainability awareness of their students a matter of considerable importance.

Yet awareness is only a starting point. A recurring theme in sustainability research is that knowing about environmental and social problems does not automatically produce sustainable behavior—a disjunction widely discussed as the "value–action" or "awareness–action" gap (Blake, 1999; Kollmuss & Agyeman, 2002). Behavioral models such as the Theory of Planned Behavior clarify that intentions and actions are shaped by attitudes, norms, and perceived control rather than by information alone (Ajzen, 1991). For universities pursuing the 2030 Agenda, the decisive question is therefore whether students' awareness of the SDGs is actually reflected in their everyday practices.

Empirical studies increasingly report exactly this tension: students often express positive attitudes and possess moderate awareness of the SDGs, while their concrete engagement in sustainable action remains comparatively limited (Alharbi et al., 2025; Arshad et al., 2020). At the same time, several studies do find a positive—if not always strong—association between awareness and behavior (Dönmez & Yardımcı, 2024). Evidence specific to the Turkish higher-education context, particularly covering the full breadth of the 17 SDGs rather than environmental issues alone, remains relatively scarce (Dönmez & Yardımcı, 2024).

Against this background, the present study examines the awareness levels of Kocaeli University students regarding the 17 United Nations SDGs and the behavioral tendencies associated with these goals. Drawing on an online survey of 100 students, the study (i) assesses the reliability of the measurement instrument, (ii) profiles students' SDG awareness and their goal-specific behavioral tendencies, (iii) tests—using non-parametric methods appropriate to the data—whether sustainability attitudes differ by gender and class level, and (iv) examines the relationship between awareness and behavioral tendencies. In doing so, it contributes context-specific evidence on the awareness–action gap in a Turkish university and highlights implications for education for sustainable development. The remainder of the paper reviews the relevant literature, describes the data and methods, presents the findings, and closes with a discussion of implications, limitations, and directions for future research.

2. THEORETICAL FRAMEWORK AND LITERATURE REVIEW

2.1. The Sustainable Development Goals and the role of higher education

The 17 SDGs, together with their 169 targets, translate the broad idea of sustainable development into an operational agenda spanning poverty, hunger, health, education, gender equality, clean energy, decent work, responsible consumption, climate action, and strong institutions (United Nations, 2015). Higher education institutions (HEIs) are widely regarded as indispensable to this agenda: it has been argued that few, if any, of the SDGs can be fully achieved without the engagement of the higher-education sector (Leal Filho et al., 2019; Kioupi & Voulvoulis, 2019). HEIs contribute through curriculum greening, sustainability-oriented research, campus operations, and community engagement, and through the leadership and institutional cultures that sustain these efforts (Zamora-Polo & Sánchez-Martín, 2019). However, studies also show that the systematic integration of the SDGs into teaching remains uneven and, in many institutions, is still at an early stage (Leal Filho et al., 2019; Ashida, 2023).

2.2. Student awareness and knowledge of the SDGs

A growing body of survey research documents students' awareness and knowledge of the SDGs across diverse national and disciplinary settings. A common finding is that students recognize the general importance of sustainable development and the 2030 timeline, yet display shallower familiarity with the specific goals and their objectives (Arshad et al., 2020). Awareness also tends to be uneven across goals and to increase with curricular exposure and academic progression (Alharbi et al., 2025; Edsall & Broich, 2020). Because these patterns are highly context-dependent, institution-level evidence is valuable for guiding targeted education for sustainable development (ESD) interventions (Kioupi & Voulvoulis, 2019).

2.3. The awareness–action (value–action) gap

The relationship between what students know or value and what they actually do is the central concern of the value–action gap literature. Early work attributed the gap largely to information deficits, expecting that greater awareness would translate more or less directly into pro-environmental behavior (Blake, 1999). Subsequent scholarship complicated this view, showing that emotional involvement, social norms, habits, perceived control, and structural constraints all mediate the link between awareness and action (Kollmuss & Agyeman, 2002; Ajzen, 1991). Recent studies among university students reinforce this nuance: engineering students at Shaqra University, for example, exhibited moderate awareness and positive attitudes but limited eco-friendly action, even though awareness and behavior were positively correlated (Alharbi et al., 2025). Similarly, among Turkish nursing students, environmental awareness was significantly and positively—though not perfectly—related to sustainable consumption behavior (Dönmez & Yardımcı, 2024). These findings frame the expectation that awareness and behavioral tendencies will be positively but only moderately associated.

2.4. The Turkish higher-education context

Within Türkiye, interest in sustainability among universities has grown, reflected in increasing participation in sustainability rankings and initiatives; nonetheless, the integration of the SDGs into institutional strategies and curricula remains partial and unevenly distributed across goals (Drissi et al., 2025; Ashida, 2023). Studies of Turkish students report generally positive environmental attitudes alongside moderate behavioral engagement, with demographic variables exerting only a limited effect (Dönmez & Yardımcı, 2024). Much of the existing Turkish evidence, however, focuses on environmental awareness or specific disciplines rather than on students' awareness of the complete set of 17 SDGs. The present study addresses this gap by examining SDG awareness and behavioral tendencies among engineering-faculty students at a Turkish state university.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Research design and sample

This study adopted a quantitative, cross-sectional survey design to describe university students' awareness of the SDGs and their associated behavioral tendencies. Data were collected through an online questionnaire administered to students at Kocaeli University (Türkiye), yielding 100 valid responses, with analyses conducted at a 95% confidence level. Of the participants, 55 (55.0%) were women and 45 (45.0%) were men, and respondents were distributed across undergraduate class levels (from first year onward), which were used as the grouping variable in the class-level comparison.

3.2. Data collection instrument

The questionnaire comprised three parts. The first part collected demographic information (gender and class level). The second part measured SDG awareness with a single five-point Likert item—"Are you aware that the United Nations has declared 17 Sustainable Development Goals?"—rated from 1 ("not aware at all") to 5 ("fully aware"). The third part measured behavioral tendencies with 17 five-point Likert items, one specific behavioral

statement for each of the 17 SDGs, rated from 1 ("strongly disagree") to 5 ("strongly agree"). A composite total sustainability score was computed by summing the 17 behavioral items, yielding a possible range of 17 to 85, with higher scores indicating stronger sustainable behavioral tendencies.

3.3. Data analysis

All analyses were performed in IBM SPSS Statistics. Frequency and descriptive statistics summarized the demographic profile, awareness levels, and behavioral tendencies. The internal consistency of the 17-item behavioral scale was assessed using Cronbach's alpha (Cronbach, 1951; George & Mallery, 2010). The distribution of the composite total score was examined with the Kolmogorov–Smirnov and Shapiro–Wilk tests together with skewness and kurtosis values; following Hair et al. (2010), skewness and kurtosis outside the ± 1 range were interpreted as indicating departure from normality. Because the total score was not normally distributed and, for the class variable, the assumption of homogeneity of variances (Levene's test) was not satisfied, non-parametric procedures were adopted for group comparisons: the Mann-Whitney U test for gender (two groups) and the Kruskal-Wallis test for class level (multiple groups). Finally, correlation analysis was used to examine the relationship between students' SDG awareness and their behavioral tendencies.

4. FINDINGS

4.1. Sample profile

The study sample consisted of 100 university students. As shown in Table 1, women constituted a slight majority (55.0%) and men accounted for 45.0% of respondents. Participants spanned the undergraduate class levels, which served as the grouping variable for the Kruskal-Wallis analysis reported in Section 4.8.

Table 1. Distribution of participants by gender

Gender	Frequency (n)	Percent (%)
Female	55	55.0
Male	45	45.0
Total	100	100.0

4.2. Reliability analysis

The internal consistency of the 17-item behavioral scale was evaluated using Cronbach's alpha (Table 2). The scale produced a very high coefficient of $\alpha = 0.938$, well within the $0.80 \leq \alpha < 1.00$ band conventionally interpreted as high reliability (George & Mallery, 2010). This value indicates that the 17 items are mutually consistent and that respondents answered in a coherent rather than random manner, supporting the use of the composite total score in subsequent analyses.

Table 2. Reliability statistics for the behavioral tendency scale

Cronbach's alpha	Number of items
0.938	17

4.3. Descriptive statistics of the total sustainability score

Descriptive statistics for the composite total sustainability score (range 17–85) are reported in Table 3. The mean score was 64.17 (SD = 13.385), with a median of 67.00 and a 5% trimmed mean of 65.33, indicating a generally high but left-skewed level of self-reported sustainable behavior. Scores ranged from 17 to 85 (range = 68), and the interquartile range was 12. The distribution was negatively skewed (skewness = -1.527) and leptokurtic (kurtosis = 3.290), foreshadowing the departure from normality examined in Section 4.6.

Table 3. Descriptive statistics for the total sustainability score

Statistic	Value	Std. error
Mean	64.170	1.338
95% CI lower bound	61.514	
95% CI upper bound	66.826	
5% trimmed mean	65.333	
Median	67.000	
Std. deviation	13.385	
Minimum	17.00	
Maximum	85.00	
Range	68.00	
Interquartile range	12.00	
Skewness	-1.527	0.241
Kurtosis	3.290	0.478

4.4. SDG awareness level

Students' self-reported awareness of the 17 SDGs is summarized in Table 4 and Figure 1. The distribution reveals a substantial awareness gap: 32.0% of respondents reported being not aware at all (level 1) of the existence of the 17 SDGs, and a further 23.0% selected level 2, so that more than half of the sample (55.0%) fell below the mid-point of the scale. Only 9.0% reported full awareness (level 5). This pattern indicates that, despite the prominence of the 2030 Agenda, a large share of students remains insufficiently informed about the SDGs as a defined framework.

Table 4. Distribution of self-reported SDG awareness (1–5)

Awareness level	Frequency (n)	Percent (%)
1 – Not aware at all	32	32.0
2	23	23.0
3	18	18.0
4	18	18.0
5 – Fully aware	9	9.0
Total	100	100.0

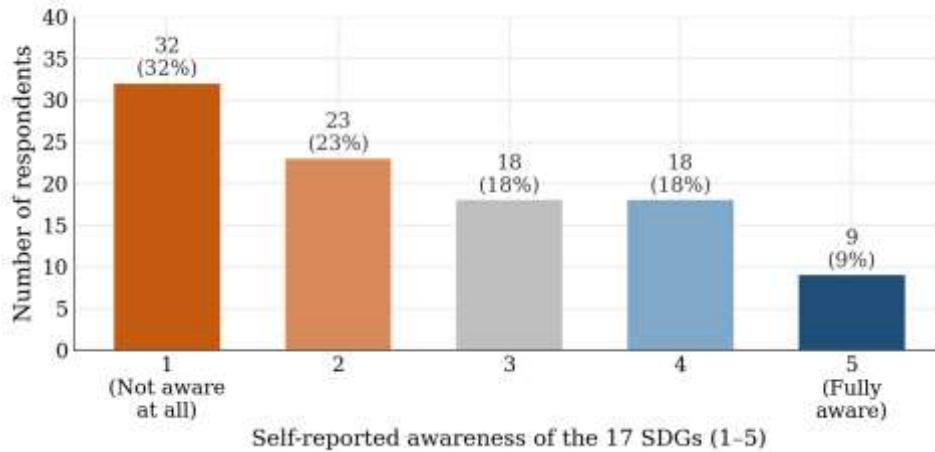
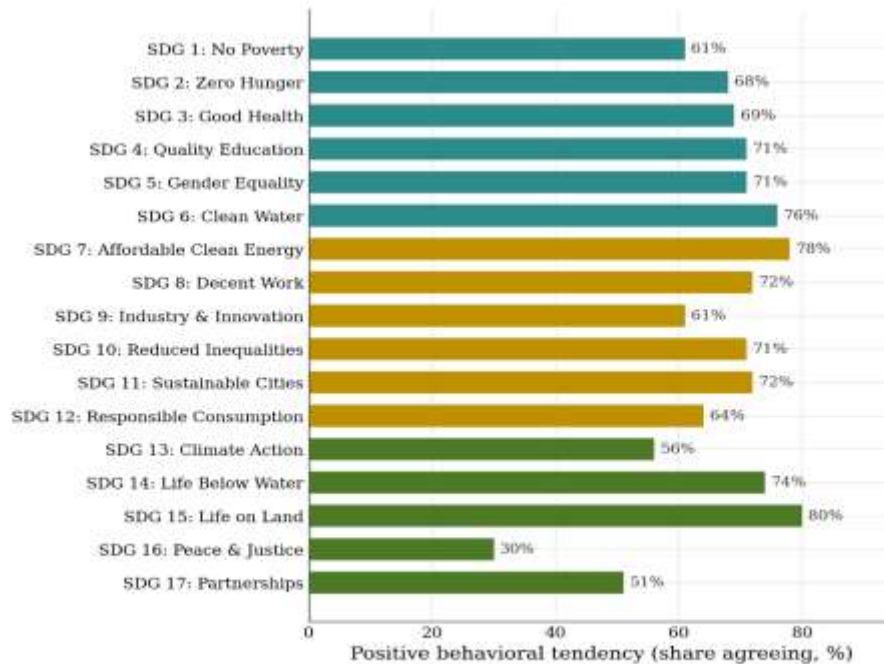


Figure 1. Distribution of students' self-reported awareness of the 17 SDGs

4.5. Behavioral tendencies across the 17 SDGs

Figure 2 presents the share of students expressing a positive behavioral tendency (agreement with the goal-specific behavioral statement) for each of the 17 SDGs. Behavioral tendencies were strongest for Life on Land (SDG 15, 80%), Affordable and Clean Energy (SDG 7, 78%), and Clean Water and Sanitation (SDG 6, 76%), and were also high for Life Below Water (SDG 14, 74%). The weakest tendencies appeared for Peace, Justice and Strong Institutions (SDG 16, 30%) and Partnerships for the Goals (SDG 17, 51%)—goals that are more institutional and collective and less amenable to individual daily action—followed by Climate Action (SDG 13, 56%). The remaining goals clustered in the 61–72% range. Consistent with the composite score reported above, the overall level of behavioral tendency was moderately high, while the low figures for the institutional goals highlight areas where individual engagement is weakest.



Colour groups: Social & basic needs (SDG 1-6) | Economy & production (SDG 7-12) | Environment & cooperation (SDG 13-17)

Figure 2. Positive behavioral tendency of students across the 17 SDGs

4.6. Normality of the total score

The normality of the composite total sustainability score was assessed prior to inferential testing (Table 5). Both the Kolmogorov–Smirnov statistic (0.158, $df = 100$, $p < 0.001$) and the Shapiro–Wilk statistic (0.878, $df = 100$, $p < 0.001$) were significant, indicating that the data deviate from a normal distribution at the 95% confidence level. This conclusion is reinforced by the skewness (−1.527) and kurtosis (3.290) values, both of which lie outside the ± 1 reference range recommended by Hair et al. (2010). Accordingly, non-parametric tests were selected for the group comparisons that follow.

Table 5. Tests of normality for the total sustainability score

	Kolmogorov–Smirnov			Shapiro–Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Total score	0.158	100	< 0.001	0.878	100	< 0.001

Note. Skewness = −1.527 and kurtosis = 3.290, both outside the ± 1 range (Hair et al., 2010), confirming non-normality.

4.7. Gender differences (Mann-Whitney U test)

Homogeneity of variances was first examined with Levene's test (Table 6). Variances were homogeneous across gender groups ($F = 3.590$, $p = 0.061 > 0.05$) but not across class-level groups ($F = 3.529$, $p = 0.003 < 0.05$); this, together with the non-normal distribution, motivated the use of non-parametric comparisons. The Mann-Whitney U test for gender (Table 7, Figure 3) yielded $U = 1333.000$ (Wilcoxon $W = 2873.000$, standardized test statistic $z = 0.662$) with an asymptotic significance of 0.508. As this exceeds 0.05, there was no statistically significant difference between women (mean rank = 52.24) and men (mean rank = 48.38) in total sustainability scores; students' gender did not meaningfully affect their sustainability attitudes.

Table 6. Levene's test of homogeneity of variances

Grouping variable	Levene F	df1	df2	Sig. (p)
By gender	3.590	1	98	0.061
By class level	3.529	6	93	0.003

Table 7. Independent-samples Mann-Whitney U test by gender

Statistic	Value
Total N	100
Mann-Whitney U	1333.000
Wilcoxon W	2873.000
Standard error	144.160
Standardized test statistic (z)	0.662
Mean rank – Female (n = 55)	52.24
Mean rank – Male (n = 45)	48.38
Asymptotic significance (2-sided)	0.508

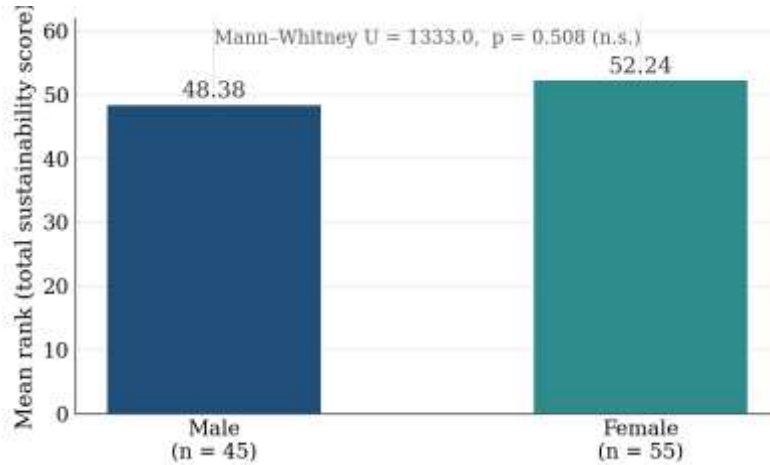


Figure 3. Mean ranks of total sustainability score by gender (Mann-Whitney U test)

4.8. Class-level differences (Kruskal-Wallis test)

Differences across class levels were examined with the Kruskal-Wallis test (Table 8). The test produced a statistic of 8.842 with 6 degrees of freedom and an asymptotic significance of 0.183. Because this value exceeds 0.05, there was no statistically significant difference in total sustainability scores across class levels; the mean scores of the different cohorts were statistically comparable. Together with the gender result, this indicates that neither gender nor academic seniority was a decisive determinant of students' sustainability attitudes in this sample.

Table 8. Independent-samples Kruskal-Wallis test by class level

Statistic	Value
Total N	100
Kruskal-Wallis H	8.842
Degrees of freedom	6
Asymptotic significance (2-sided)	0.183

Note. The test statistic is adjusted for ties.

4.9. Relationship between awareness and behavioral tendencies

Finally, the relationship between students' SDG awareness and their behavioral tendencies was examined through correlation analysis. Consistent with the non-normal distribution of the data, a rank-based (Spearman) correlation was appropriate. The analysis indicated a positive but weak association between awareness and behavioral tendencies: students with higher awareness of the SDGs tended to report somewhat stronger sustainable behaviors, but the limited magnitude of the relationship shows that awareness does not translate directly or fully into action. This finding is consistent with the value–action gap described in the literature (Blake, 1999; Kollmuss & Agyeman, 2002) and mirrors results reported for engineering and nursing students elsewhere, where awareness and behavior were positively related yet action lagged behind awareness (Alharbi et al., 2025; Dönmez & Yardımcı, 2024).

5. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

This study examined the awareness levels of Kocaeli University students regarding the 17 United Nations Sustainable Development Goals and the behavioral tendencies associated with these goals. The 17-item

behavioral scale proved highly reliable (Cronbach's $\alpha = 0.938$), and the composite total score was high on average ($M = 64.17$ out of 85) but non-normally distributed, which shaped the choice of non-parametric analyses.

Two findings stand out. First, there is a pronounced awareness gap: nearly one-third of students (32.0%) reported no awareness at all of the SDGs as a defined framework, and only 9.0% reported full awareness, with more than half of the sample below the scale mid-point. Second, behavioral tendencies were moderately high overall but uneven across goals—strongest for individually actionable environmental goals such as Life on Land (80%) and Affordable and Clean Energy (78%), and weakest for the more institutional and collective goals of Peace, Justice and Strong Institutions (30%) and Partnerships for the Goals (51%).

Comparisons across gender (Mann-Whitney U, $p = 0.508$) and class level (Kruskal-Wallis, $p = 0.183$) revealed no statistically significant differences, indicating that sustainability attitudes were broadly shared rather than concentrated in particular demographic groups. At the same time, the correlation between awareness and behavioral tendencies was positive but weak, echoing the value–action gap: awareness, while necessary, is not sufficient to guarantee sustainable behavior (Blake, 1999; Kollmuss & Agyeman, 2002; Alharbi et al., 2025; Dönmez & Yardımcı, 2024).

These results carry clear implications for higher education. Because a substantial share of students remains unaware of the SDGs and because awareness alone does not reliably produce action, universities should treat the SDGs not as abstract theoretical content but as a practical field of awareness embedded in everyday student life (Kioupi & Voulvoulis, 2019; Zamora-Polo & Sánchez-Martín, 2019). Strengthening curricular integration, experiential and project-based learning, campus sustainability initiatives, and targeted awareness campaigns—particularly around the less individually tangible institutional goals—could help convert awareness into sustained behavior (Leal Filho et al., 2019).

Several limitations should be acknowledged. The study relied on a single-institution sample of 100 students and on self-reported behavior, which constrains generalizability and may introduce social-desirability bias. The cross-sectional design precludes causal inference, and the awareness–behavior association reported here is correlational. Future research could employ larger, multi-institutional and longitudinal designs, incorporate objective or behavioral measures, and use explanatory models such as the Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991) to identify the mediators—norms, efficacy, and structural enablers—that help close the awareness–action gap in higher education.

REFERENCES

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Alharbi, H. S., Alotaibi, B. H., Alotaibi, S. S., Alqahtani, A. T., Alotaibi, H. F., Alqurashi, Y., ... & Abdel-Daiem, M. M. (2025). From knowledge to action: investigating sustainability awareness, behavior, and attitude among engineering students at Shaqra University. *Sustainability*, 17(13), 5854.
- Arshad, H. M., Saleem, K., Shafi, S., Ahmad, T., & Kanwal, S. (2020). Environmental awareness, concern, attitude and behavior of university students: A comparison across academic disciplines. *Polish journal of environmental studies*, 30(1), 561-570.
- Ashida, A. (2022). The role of higher education in achieving the sustainable development goals. In *Sustainable development disciplines for humanity: Breaking down the 5Ps—people, planet, prosperity, peace, and partnerships* (pp. 71-84). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Blake, J. (1999). Overcoming the ‘value-action gap’ in environmental policy: Tensions between national policy and local experience. *Local environment*, 4(3), 257-278.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Dönmez, R. Ö., & Yardımcı, E. (2024). Environmental awareness and sustainable consumption behaviours of Turkish nursing students. *PeerJ*, 12, e17366.
- Drissi, M., Meftah, S., & Skalli, L. (2025). The role of universities in implementing the sustainable development goals (SDGs) a case study of Hassan first university 2018–2023. *Discover Sustainability*, 6(1), 926.
- Edsand, H. E., & Broich, T. (2020). The impact of environmental education on environmental and renewable energy technology awareness: Empirical evidence from Colombia. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 611-634.
- George, D., & Mallery, P. (1999). *SPSS® for Windows® step by step: A simple guide and reference*. Allyn & Bacon.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2010). *Multivariate data analysis*, 7th Edn. Hoboken.
- Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2019). Education for sustainable development: A systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability*, 11(21), 6104.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. *Environmental education research*, 8(3), 239-260.
- Leal Filho, W., Shiel, C., Paço, A., Mifsud, M., Ávila, L. V., Brandli, L. L., ... & Caeiro, S. (2019). Sustainable development goals and sustainability teaching at universities: falling behind or getting ahead of the pack?. *Journal of cleaner production*, 232, 285-294.
- McCowan, T. (2019). Higher education for and beyond the sustainable development goals.
- Zamora-Polo, F., & Sánchez-Martín, J. (2019). Teaching for a better world. Sustainability and sustainable development goals in the construction of a change-maker university. *Sustainability*, 11(15), 4224.

BRICS ÜLKELERİNDE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mert BAŞOĞLU

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, iktisat, mertbasoglu1@gmail.com, 0009-0001-3170-7629

Özet

BRICS ülkelerinde (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ekonomik büyüme, karbon emisyonları ve enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi ÇKE (ÇKE) yaklaşımı çerçevesinde incelemektir. Günümüzde ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin sağlanması, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından önemli bir politika konusu haline gelmiştir. Dünya ekonomisinde önemli bir paya sahip olan BRICS ülkeleri ise yüksek büyüme performansları ve artan enerji tüketimleri nedeniyle çevresel etkilerin yoğun olarak gözlemlendiği ülkeler arasında yer almaktadır. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden biri olan betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada Dünya Bankası, Global Carbon Atlas ve çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanan verilerden yararlanılmıştır. 2000-2025 dönemine ait ekonomik büyüme göstergeleri, nüfus verileri, toplam karbon emisyonları, kişi başına karbon emisyonları ve GSYİH başına düşen karbon emisyonu değerleri incelenerek ülkelerin çevresel performansları değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre BRICS ülkelerinde ekonomik büyümenin genel olarak karbon emisyonlarını artırdığı görülmektedir. Özellikle Çin ve Hindistan'da hızlı sanayileşme ve ekonomik büyüme süreciyle birlikte toplam karbon emisyonlarında önemli artışlar meydana gelmiştir. Buna karşılık, enerji verimliliğindeki gelişmeler sayesinde ülkelerin büyük bölümünde GSYİH başına düşen karbon emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Brezilya ve Rusya'da karbon yoğunluğunun belirgin şekilde düştüğü, Çin ve Hindistan'da ise ekonomik büyümenin emisyon artışından daha hızlı gerçekleşmesi nedeniyle karbon yoğunluğunda azalma yaşandığı tespit edilmiştir. ÇKE açısından değerlendirildiğinde, BRICS ülkelerinin farklı gelişim aşamalarında bulunduğu görülmektedir. Çin ve Hindistan'ın eğrinin yükselen bölümünde yer aldığı, Brezilya'nın dönüm noktasına yaklaşan bir görünüm sergilediği, Rusya ve Güney Afrika'nın ise enerji yapılarından kaynaklanan çevresel sorunlarla karşı karşıya olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, enerji verimliliği politikalarının geliştirilmesi, yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması ve düşük karbonlu üretim teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının sürdürülebilir kalkınma açısından büyük önem taşıdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: BRICS Ülkeleri, Ekonomik Büyüme, Karbon Emisyonları, Enerji Verimliliği

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE AND ENERGY EFFICIENCY IN BRICS COUNTRIES

Mert BAŞOĞLU

Bolu Abant İzzet Baysal University, economics, mertbasoglu1@gmail.com, 0009-0001-3170-7629

Abstract

The aim of this study is to examine the relationship between economic growth, carbon emissions, and energy efficiency in BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) within the framework of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. As major contributors to global economic growth and energy consumption, BRICS countries play a critical role in the analysis of environmental impacts associated with economic development. This research employs a descriptive analysis method and utilizes data obtained from the World Bank, Global Carbon Atlas, and various international organizations. Economic growth indicators, population statistics, total carbon emissions, per capita carbon emissions, and carbon intensity indicators measured as CO₂ emissions per unit of GDP for the period 2000–2025 are analyzed to evaluate the environmental performance of BRICS countries. The findings reveal that economic growth in BRICS countries has generally been accompanied by an increase in carbon emissions, particularly in China and India. However, improvements in energy efficiency have contributed to a decline in carbon intensity across most BRICS countries. The results indicate that Brazil and Russia have achieved significant reductions in carbon intensity, while China and India have also experienced declines in emissions per unit of output due to economic growth outpacing the increase in carbon emissions. From the perspective of the Environmental Kuznets Curve, the findings suggest that BRICS countries are positioned at different stages of the EKC process. China and India appear to remain on the upward phase of the curve, Brazil demonstrates characteristics of approaching the turning point, while Russia and South Africa continue to face environmental challenges related to their energy structures. In conclusion, the study highlights the importance of enhancing energy efficiency policies, increasing investments in renewable energy sources, and promoting low-carbon production technologies in order to achieve sustainable development goals in BRICS countries. The results contribute to the existing literature on the Environmental Kuznets Curve in emerging economies.

Keywords: BRICS Countries, Economic Growth, Carbon Emissions, Energy Efficiency

GİTAR EŞLİKLİ MÜZİK ÖĞRETİMİNİN ZİHİNSEL YETERSİZLİĞİ OLAN BİREYLERDE KATILIM VE PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ¹

Dr.Öğr.Üyesi, Sinem Miraç ÖZTÜRK 1/ Prof.Dr. Ersan ÇİFTÇİ 2/Doç.Dr., Arzu TANRIVERDİ 3
1 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, müzik eğitimi, sinemmiracozturk@ksu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9355-2557

2 Malatya Turgut Özal Üniversitesi, müzikoloji, ersan.ciftci@ozal.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9889-3078

3 Malatya İnönü Üniversitesi, özel eğitim, arzu.tanriverdi@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3850-7419

Özet

Bu araştırmanın amacı, gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performansları üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırma nitel araştırma yaklaşımı kapsamında eylem araştırması desenine göre yürütülmüştür. Çalışma grubunu, 2021-2022 eğitim-öğretim yılında Bayburt ilinde faaliyet gösteren bir özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinde eğitim alan altı zihinsel yetersizliği olan birey oluşturmaktadır. Araştırmada veriler araştırmacı günlükleri ve video kayıtları aracılığıyla toplanmıştır. Uygulama sürecinde gitar eşliğinde şarkı söyleme, ritim çalışmaları ve çeşitli müzik etkinlikleri gerçekleştirilmiş; öğrencilerin katılım ve performans davranışları süreç boyunca izlenmiştir. Elde edilen veriler betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir.

Araştırma bulguları, gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin derse katılım düzeylerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Uygulama süreci boyunca öğrencilerin etkinliklere daha istekli katıldıkları, dikkatlerini daha uzun süre sürdürebildikleri ve öğrenme sürecinde daha aktif rol aldıkları gözlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin şarkı sözlerini tekrar etme, ritme uyum sağlama, ezgiye eşlik etme ve verilen yönergeleri yerine getirme gibi performans davranışlarında gelişim belirlenmiştir. Bulgular, katılım düzeyindeki artışın performans davranışlarının gelişimini de desteklediğini ortaya koymuştur. Araştırmacı günlükleri ve video kayıtlarından elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performanslarını destekleyen etkili bir öğretim yaklaşımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gitar Eşlikli Öğretim, Müzik Eğitimi, Zihinsel Yetersizlik, Katılım, Performans

¹ Bu çalışma “772151” tez numarası ile ulusal tez merkezince kayıt altına alınmış olan “doktora” tezinden üretilmiştir.

THE EFFECTS OF GUITAR-ACCOMPANIED MUSIC INSTRUCTION ON THE PARTICIPATION AND PERFORMANCE OF INDIVIDUALS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Assist. Prof. Dr. Sinem Miraç ÖZTÜRK 1/ Prof. Dr. Ersan ÇİFTÇİ 2/ Assoc. Prof. Dr. Arzu TANRIVERDİ 3

1 Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Music Education,
sinemmiracozturk@ksu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9355-2557

2 Malatya Turgut Özal University, Department of Musicology, ersan.ciftci@ozal.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9889-3078

3 İnönü University, Department of Special Education, arzu.tanriverdi@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3850-7419

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of guitar-accompanied music instruction on the participation and performance of individuals with intellectual disabilities. The study was conducted within the framework of qualitative research using an action research design. The study group consisted of six individuals with intellectual disabilities attending a special education and rehabilitation center operating in Bayburt, Türkiye, during the 2021-2022 academic year. Data were collected through researcher journals and video recordings. During the implementation process, singing activities accompanied by guitar, rhythm exercises, and various music-based activities were carried out, while participants' participation and performance behaviors were monitored throughout the process. The collected data were analyzed using descriptive analysis.

The findings of the study indicated that guitar-accompanied music instruction positively influenced students' levels of participation in educational activities. Throughout the implementation process, students demonstrated greater willingness to participate in activities, were able to sustain their attention for longer periods, and assumed a more active role in the learning process. Furthermore, improvements were observed in performance-related behaviors such as repeating song lyrics, following rhythmic patterns, accompanying melodies, and responding appropriately to instructions. The findings also revealed that increased participation supported the development of performance behaviors. When the findings obtained from researcher journals, and video recordings were evaluated collectively, it was concluded that guitar-accompanied music instruction is an effective pedagogical approach for supporting the participation and performance of individuals with intellectual disabilities.

Keywords: Guitar-Accompanied Instruction, Music Education, Intellectual Disability, Participation, Performance.

1.GİRİŞ

Özel gereksinimli bireylerin eğitiminde kullanılan öğretim yöntem ve teknikleri, öğrenme sürecinin niteliğini doğrudan etkileyen önemli unsurlardan biridir. Bu bireylerin bilişsel, sosyal, duyuşsal ve psikomotor özellikleri birbirinden farklılık gösterebilmekte; bu nedenle öğretim süreçlerinin bireysel gereksinimlere uygun olarak planlanması gerekmektedir. Özellikle dikkat sürelerinin kısa olması, motivasyon eksikliği, iletişim güçlükleri ve öğrenilen davranışların kalıcılığını sağlamada yaşanan sorunlar, özel eğitim uygulamalarında alternatif ve destekleyici öğretim yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu bağlamda sanat eğitimi ve özellikle müzik eğitimi, özel gereksinimli bireylerin eğitim süreçlerinde sıklıkla başvurulacak etkili araçlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Müzik; bireyin bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişimini destekleyen çok boyutlu bir öğrenme alanıdır (Dong, 2025). Ritim, melodi ve söz unsurlarını bir arada barındırması nedeniyle dikkat çekme, motivasyonu artırma, öğrenmeyi destekleme ve sosyal etkileşimi güçlendirme gibi önemli işlevlere sahiptir. Özel gereksinimli bireylerle yürütülen çalışmalarda müziğin dikkat süresini artırdığı, iletişim becerilerini desteklediği, öğrenme sürecine katılımı kolaylaştırdığı ve bireylerin kendilerini ifade etmelerine katkı sağladığı belirtilmektedir (Shi et al., 2024; MacGlone et al., 2020; Mayer-Benarous et al., 2021). Müzik etkinlikleri aynı zamanda bireylerin grup içerisinde yer alma, iş birliği yapma ve çevreleriyle etkileşim kurma becerilerini geliştirmelerine de olanak tanıyabilmektedir.

Müzik eğitiminde kullanılan çalgılar, öğretim sürecinin daha etkili ve ilgi çekici hâle gelmesine katkı sağlayabilmektedir. Bu çalgılar arasında gitar; taşınabilir olması, armonik ve ritmik eşlik sağlayabilmesi, farklı yaş gruplarına ve eğitim düzeylerine kolaylıkla uyarlanabilmesi nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Gitar eşliğiyle gerçekleştirilen öğretim etkinlikleri, öğrencilerin dikkatlerini etkinlik üzerinde toplamalarına yardımcı olmakta, müziksel uyarıların sürekliliğini sağlayarak öğrenme ortamını daha canlı ve etkileşimli hâle getirmektedir. Ayrıca gitar eşliği, öğrencilerin şarkı söyleme, ritme katılma ve yönergeleri takip etme davranışlarını destekleyerek öğrenme sürecine aktif katılımlarını teşvik etmektedir.

Özel gereksinimli bireylerin eğitiminde katılım, öğrenmenin gerçekleşmesinde temel belirleyicilerden biri olarak kabul edilmektedir (Pérez-Salas et al., 2021; Duque et al., 2020; Yuliana & Sukinah, 2025). Öğrencilerin etkinliklere gönüllü olarak katılması, dikkatlerini sürdürebilmesi, verilen yönergeleri takip edebilmesi ve öğrenme sürecinde aktif rol üstlenebilmesi eğitimsel kazanımların artmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte performans kavramı; öğrencilerin hedeflenen davranışları gerçekleştirme düzeyi, etkinliklerde gösterdikleri başarı, verilen görevleri yerine getirebilme ve öğrenilen becerileri uygulayabilme yeterlikleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Katılım ve performans arasındaki bu güçlü ilişki, özel eğitim uygulamalarında öğrencilerin öğrenme süreçlerinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir (Hurwitz et al., 2020; Lee, 2014; Carini et al., 2006).

Öğretim süreçlerinde müzik eşliğinin kullanılması, öğrencilerin dikkatlerini etkinlik üzerinde daha uzun süre tutmalarını sağlayabilmekte, öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırabilmekte ve etkinliklere katılım düzeylerini yükseltebilmektedir. Özellikle gitar eşlikli müzik öğretimi sırasında sunulan ritmik ve melodik yapı, öğrencilerin etkinliğe yönelmelerini kolaylaştırmakta ve öğrenme ortamını daha çekici hâle getirmektedir. Bu durumun öğrencilerin performanslarına da olumlu yansıdığı düşünülmektedir. Ancak özel gereksinimli bireylerde gitar eşlikli müzik öğretiminin katılım ve performans üzerindeki etkilerini doğrudan inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

1.1.Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performansları üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırma kapsamında gitar eşliği kullanılarak gerçekleştirilen

öğretim etkinliklerinin öğrencilerin derse katılım düzeylerine, dikkat sürelerine, etkinliklere gönüllü katılımlarına ve performans davranışlarına yansımaları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca öğretim sürecinde elde edilen video kayıtları ve araştırmacı günlükleri doğrultusunda gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrenme sürecine sağladığı katkıların ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.2.Araştırmanın Önemi

Özel gereksinimli bireylerin eğitiminde öğrencilerin dikkatlerini sürdürebilmeleri, öğrenme sürecine aktif olarak katılabilmeleri ve hedeflenen davranışları gerçekleştirebilmeleri eğitim sürecinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle öğrenmeyi destekleyen, motivasyonu artıran ve öğrencilerin etkinliklere katılımını teşvik eden öğretim uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Müzik eğitimi, sahip olduğu ritmik, melodik ve duyuşsal özellikler sayesinde özel gereksinimli bireylerin eğitiminde etkili bir araç olarak kullanılabilmektedir.

Gitar, eşlik çalgısı olarak ritim, melodi ve armoniyi aynı anda sunabilmesi nedeniyle öğretim sürecini zenginleştiren önemli bir eğitim materyalidir. Ancak özel gereksinimli bireylerde gitar eşlikli müzik öğretiminin katılım ve performans üzerindeki etkilerini doğrudan ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu araştırmanın, gitar eşlikli öğretim uygulamalarının özel eğitim alanındaki kullanımına ilişkin bilimsel veriler sunması, müzik öğretmenlerine ve özel eğitim uzmanlarına uygulamaya dönük öneriler sağlaması bakımından önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca araştırmanın, müzik destekli öğretim uygulamalarına yönelik gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalara katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

1.3.Problem Cümlesi

Bu araştırmanın problem cümlesi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

“Gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performansları üzerindeki etkisi nasıldır?”

1.4.Araştırmanın Alt Problemleri

1. Gitar eşlikli müzik öğretimi sürecinde zihinsel yetersizliği olan bireylerin derse katılım düzeylerinde ne tür değişiklikler gözlenmektedir?
2. Gitar eşlikli müzik öğretimi sürecinde zihinsel yetersizliği olan bireylerin performans davranışlarında ne tür değişiklikler gözlenmektedir?
3. Araştırmacı günlükleri ve video kayıtlarından elde edilen bulgular gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performanslarına etkisi hakkında ne göstermektedir?

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Özel Gereksinimli Bireylerde Müzik Eğitimi

Özel gereksinimli bireyler; çeşitli nedenlerle bireysel özellikleri ve eğitim yeterlilikleri açısından akranlarından anlamlı düzeyde farklılık gösteren ve bu farklılıklar doğrultusunda özel eğitim hizmetlerine ihtiyaç duyan bireyler olarak tanımlanmaktadır (Kuutti et al., 2022). Bu bireylerin eğitim süreçlerinde temel amaç, bireysel potansiyellerini en üst düzeyde kullanabilmelerini sağlamak, bağımsız yaşam becerilerini geliştirmek ve toplumsal yaşama etkin katılımlarını desteklemektir. Bu doğrultuda özel eğitim uygulamalarında bireyin gereksinimlerine uygun öğretim yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşıyabilmektedir.

Özel eğitim sürecinde kullanılan öğretim yöntemlerinden biri olan müzik eğitimi, bireylerin bilişsel, duyuşsal, sosyal ve psikomotor gelişimlerini destekleyen çok yönlü bir öğrenme alanı olarak kabul edilmektedir (Jing & Han, 2025). Müzik; ritim, melodi ve söz unsurlarını bir arada barındırması nedeniyle bireyin dikkatini çekmekte, öğrenmeye yönelik motivasyonunu artırmakta ve öğrenme sürecini daha anlamlı hâle getirmektedir. Özellikle

özel gereksinimli bireylerin eğitiminde müzik, yalnızca sanatsal bir etkinlik değil, aynı zamanda etkili bir öğretim aracı olarak değerlendirilmektedir.

Araştırmalar, müzik etkinliklerinin özel gereksinimli bireylerin bilişsel gelişimlerini desteklediğini göstermektedir (Ito et al., 2022; Alashram et al., 2025; Erarslan et al., 2026). Müzik yoluyla gerçekleştirilen öğretim etkinlikleri dikkat, hafıza, dinleme, sıralama ve problem çözme gibi bilişsel becerilerin gelişimine katkı sağlayabilmektedir. Tekrar eden ritmik ve melodik yapılar öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırmakta, öğrencilerin öğrenme sürecine daha aktif katılmalarına yardımcı olmaktadır. Özellikle dikkat sürelerinin sınırlı olabildiği özel eğitim ortamlarında müzik, öğrencilerin etkinliklere odaklanmalarını kolaylaştıran önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Müziğin duyuşsal gelişim üzerindeki etkileri de oldukça önemlidir. Müzik etkinlikleri bireylerin kendilerini ifade etmelerine, duygularını dışa vurmalarına ve özgüven geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Başarı duygusunu deneyimleyen öğrenciler öğrenme süreçlerine karşı daha olumlu tutum geliştirebilmekte ve etkinliklere daha istekli katılım gösterebilmektedirler. Bunun yanında müzik, öğrenme ortamını daha eğlenceli ve motive edici hâle getirerek öğrencilerin derse yönelik ilgilerini artırabilmektedir.

Sosyal gelişim açısından değerlendirildiğinde ise müzik etkinlikleri bireylere iş birliği yapma, sıra bekleme, grup içerisinde yer alma ve akranlarıyla etkileşim kurma fırsatları sunmaktadır. Özellikle grup hâlinde gerçekleştirilen müzik etkinlikleri öğrencilerin sosyal iletişim becerilerinin gelişmesine katkıda bulunmakta ve aidiyet duygularını güçlendirebilmektedir. Bu durum, özel gereksinimli bireylerin toplumsal uyum süreçlerini destekleyen önemli bir unsur olarak görülebilmektedir.

Özel eğitim alanında müzik temelli öğretim uygulamaları son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Şarkı öğretimi, ritim çalışmaları, hareket eşliğinde müzik etkinlikleri ve çalgı destekli öğretim uygulamaları özel gereksinimli bireylerin eğitimlerinde sıklıkla kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır (Kurtaslan & Güleken, 2024). Bu uygulamalar sayesinde öğrencilerin dikkat sürelerinin arttığı, etkinliklere katılımlarının güçlendiği ve öğrenme performanslarının olumlu yönde etkilendiği belirtilmektedir. Dolayısıyla müzik eğitimi, özel gereksinimli bireylerin eğitim süreçlerinde öğrenmeyi destekleyen ve öğrencilerin katılımını artıran etkili bir öğretim aracı olarak değerlendirilmektedir.

2.2. Gitar Eşlikli Müzik Öğretimi

Müzik eğitiminde kullanılan öğretim araçları ve materyalleri, öğrenme sürecinin etkililiğini artıran önemli unsurlar arasında yer almaktadır (Gül, 2023). Bu araçlardan biri olan gitar, sahip olduğu teknik ve müzikal özellikler sayesinde bireysel ve toplu müzik öğretiminde yaygın olarak kullanılan çalgılardan biridir. Taşınabilir olması, eşlik yapabilme kapasitesi ve farklı müzik türlerine uyarlanabilmesi gitarın eğitim ortamlarında tercih edilmesini sağlayan başlıca özelliklerdir. Ayrıca gitar, ritim, melodi ve armoniyi aynı anda sunabilen yapısıyla öğretim sürecini zenginleştirmekte ve öğrencilerin müziksel etkinliklere daha aktif katılım göstermelerine olanak tanımaktadır.

Müzik eğitiminde eşlik kavramı, bir ezgiyi desteklemek amacıyla ritmik ve armonik yapıların kullanılması olarak tanımlanabilir. Eşlik, şarkı söyleme ve müziksel etkinlikler sırasında öğrencilere tonal ve ritmik bir rehber sunmakta, müzikal bütünlüğün korunmasına yardımcı olmaktadır. Öğretim sürecinde kullanılan eşlik uygulamaları, öğrencilerin müziksel uyumlarını geliştirmekte ve etkinliklere katılımlarını kolaylaştırabilmektedir. Özellikle şarkı öğretiminde kullanılan çalgı eşliği, öğrencilerin ezgiyi takip etmelerini ve etkinlik içerisinde daha uzun süre yer almalarını destekleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Gitar eşliği; ritim, melodi ve armoniyi bir arada sunabilmesi bakımından diğer birçok çalgıya göre önemli avantajlar sağlamaktadır. Gitarın ritmik yapısı öğrencilerin tempo duygusunu desteklerken, melodik ve armonik özellikleri şarkının daha anlaşılır ve ilgi çekici hâle gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu durum özellikle özel

gereksinimli bireylerin dikkatlerini etkinlik üzerinde toplamalarına ve müziksel uyaranları daha kolay algılamalarına yardımcı olabilmektedir. Gitar eşliğiyle gerçekleştirilen öğretim etkinliklerinde öğrenciler yalnızca dinleyici konumunda kalmamakta, şarkıya eşlik etme, ritim tutma ve sözleri tekrar etme gibi davranışlarla sürece aktif olarak katılabilmektedirler.

Gitar eşlikli öğretim uygulamaları öğrencilerin öğrenmeye yönelik motivasyonlarını da olumlu yönde etkileyebilmektedir. Müzik eşliğinde gerçekleştirilen etkinliklerin öğrenciler için daha eğlenceli ve ilgi çekici olması, derse karşı olumlu tutum geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Özellikle zihinsel yetersizliği olan bireylerde dikkat süresinin korunması ve etkinliklere gönüllü katılımın sağlanması öğretim sürecinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. Gitar eşliğiyle sunulan müziksel uyaranlar öğrencilerin ilgilerini canlı tutmakta, etkinlikleri sürdürme isteklerini artırmakta ve öğrenme sürecine aktif katılımlarını desteklemektedir.

Bununla birlikte gitar eşlikli öğretim uygulamaları, öğrencilerin performans davranışlarının geliştirilmesine de katkı sağlayabilmektedir. Şarkı söyleme, ritme uyma, verilen yönergeleri takip etme, sözel tekrarlar yapma ve etkinlik süresince dikkatini sürdürebilme gibi davranışlar gitar eşlikli etkinlikler sırasında daha belirgin hâle gelebilmektedir. Bu nedenle gitar eşlikli müzik öğretimi, yalnızca müziksel becerilerin geliştirilmesine değil, aynı zamanda öğrencilerin katılım ve performanslarının desteklenmesine katkı sağlayan etkili bir öğretim yaklaşımı olarak değerlendirilebilmektedir.

2.3. Katılım ve Performans Kavramları Bağlamında Müzik Öğretimi

Eğitim sürecinin temel amaçlarından biri, öğrencilerin öğrenme etkinliklerine aktif olarak katılmalarını ve hedeflenen kazanımları gerçekleştirebilmelerini sağlamaktır (Erikson & Erikson, 2019; Clark & Hsu, 2023) . Bu doğrultuda katılım ve performans kavramları, öğrencilerin öğrenme süreçlerinin değerlendirilmesinde önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Özellikle özel gereksinimli bireylerin eğitiminde bu iki kavram, öğretim sürecinin etkililiğini belirleyen temel ölçütlerden biri olarak kabul edilmektedir (Francisco et al., 2020; Kauffman & Hornby, 2020) .

Katılım, öğrencinin eğitim etkinliklerine fiziksel, bilişsel ve duyuşsal olarak dâhil olması şeklinde tanımlanabilir (Schnitzler et al., 2021). Eğitim ortamlarında katılım; öğrencinin derse ilgi göstermesi, etkinliklere gönüllü olarak katılması, dikkatini sürdürebilmesi, verilen yönergeleri takip etmesi ve öğrenme sürecinde aktif rol üstlenmesi gibi davranışları kapsamaktadır (Bergmark & Westman, 2018). Zihinsel yetersizliği olan bireylerde katılım düzeyi, öğrenmenin gerçekleşmesinde önemli bir belirleyici olarak görülebilmektedir. Öğrencilerin etkinliklere aktif biçimde katılması, öğrenme fırsatlarından daha fazla yararlanmalarını sağlamakta ve eğitimsel kazanımların artmasına katkıda bulunmaktadır.

Performans kavramı ise öğrencinin belirli bir görev ya da etkinlik sırasında ortaya koyduğu davranışların ve becerilerin düzeyini ifade etmektedir. Eğitim ortamlarında performans; öğrenilen bilgilerin uygulanabilmesi, hedef davranışların gerçekleştirilebilmesi, verilen görevlerin tamamlanabilmesi ve öğrencinin bireysel gelişiminin gözlemlenebilmesi açısından önemli bir ölçüt olarak değerlendirilebilmektedir. Özel eğitim alanında performans değerlendirmeleri, öğrencilerin mevcut yeterliklerinin belirlenmesi ve öğretim sürecinin planlanması açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Katılım ve performans kavramları birbiriyle yakından ilişkilidir. Öğrencilerin öğrenme etkinliklerine aktif katılım göstermeleri, performanslarının gelişmesine katkı sağlarken; elde edilen başarı ve olumlu performans sonuçları da öğrencilerin öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırarak katılım düzeylerini desteklemektedir. Bu nedenle eğitim sürecinde katılım ve performans birbirini karşılıklı olarak etkileyen ve geliştiren iki temel unsur olarak değerlendirilmektedir. Özellikle özel gereksinimli bireylerde öğrencinin etkinliğe katılım göstermeden istenilen performansı ortaya koyması güçleşmekte, performansındaki gelişim ise katılım davranışlarının güçlenmesine katkı sağlamaktadır.

Müzik destekli öğretim uygulamaları, öğrencilerin katılım ve performans düzeylerini artırmada etkili bir araç olarak görülmektedir. Müzik, sahip olduğu ritmik ve melodik özellikler sayesinde öğrencilerin dikkatlerini öğrenme etkinlikleri üzerinde toplamalarına yardımcı olmakta, öğrenme ortamını daha ilgi çekici hâle getirmektedir. Özellikle şarkı söyleme, ritim çalışmaları ve çalgı eşlikli etkinlikler öğrencilerin etkinliklere gönüllü katılımlarını teşvik etmekte ve öğrenme sürecine aktif olarak dâhil olmalarını sağlamaktadır.

Müzik destekli öğretim uygulamalarının performans üzerindeki etkileri de çeşitli araştırmalarda vurgulanmaktadır (Román-Caballero et al., 2022; Sala & Gobet, 2020; Pitychoutis et al., 2026) . Müzik eşliğinde gerçekleştirilen etkinlikler öğrencilerin yönergeleri takip etme, ritme uyma, sözel ifadeleri tekrar etme ve öğrenilen davranışları uygulama becerilerini destekleyebilmektedir. Ayrıca müzik etkinlikleri sırasında yaşanan olumlu deneyimler öğrencilerin başarı duygularını güçlendirmekte ve öğrenmeye yönelik olumlu tutum geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle müzik, özel gereksinimli bireylerin eğitiminde katılımı artıran ve performans gelişimini destekleyen etkili bir öğretim aracı olarak değerlendirilmektedir.

Gitar eşlikli müzik öğretimi de bu kapsamda değerlendirildiğinde, öğrencilerin dikkatlerini etkinlik üzerinde toplamalarına, etkinliklere daha istekli katılmalarına ve performans davranışlarını daha etkili biçimde ortaya koymalarına katkı sağlayabilecek bir öğretim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. Bu yönüyle gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performansları üzerindeki etkilerinin incelenmesi, müzik eğitimi ve özel eğitim alanı açısından önem taşımaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performansları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla nitel araştırma yaklaşımı kapsamında eylem araştırması desenine göre yürütülmüştür. Eylem araştırması, uygulayıcının kendi uygulama ortamında karşılaştığı bir durumu sistematik biçimde incelemesine, geliştirmesine ve değerlendirmesine olanak sağlayan bir araştırma desendir. Bu araştırmada araştırmacı tarafından yürütülen gitar eşlikli müzik öğretimi uygulamaları planlanmış, uygulanmış, gözlemlenmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Süreç boyunca katılımcıların etkinliklere katılım düzeyleri ve performans davranışları incelenmiş, uygulamanın etkililiği farklı veri kaynaklarından elde edilen bulgular doğrultusunda değerlendirilmiştir. Araştırma sürecinde planlama, uygulama, gözlem ve değerlendirme aşamalarından oluşan eylem araştırması döngüsü izlenmiştir.

3.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2021-2022 eğitim-öğretim yılında Bayburt ilinde faaliyet gösteren bir özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinde eğitim alan altı zihinsel yetersizliği olan öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Katılımcıların zihinsel yetersizliği olan bireyler olmaları, araştırma sürecine düzenli katılım sağlamaları ve müzik etkinliklerine katılabilecek düzeyde olmaları temel ölçütler olarak belirlenmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veriler araştırmacı günlükleri ve video kayıtları aracılığıyla toplanmıştır.

1) *Araştırmacı Günlükleri:* Uygulama süreci boyunca öğrencilerin katılım ve performanslarına ilişkin gözlemler, dikkat çekici durumlar ve öğretim sürecinde yaşanan gelişmeler araştırmacı tarafından düzenli olarak araştırmacı günlüklerine kaydedilmiştir. Günlükler, süreç içerisinde meydana gelen değişimlerin izlenmesinde ve yorumlanmasında önemli bir veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

2) *Video Kayıtları:* Araştırma kapsamında gerçekleştirilen öğretim etkinlikleri video ile kayıt altına alınmıştır. Video kayıtları, uygulama sürecinin ayrıntılı biçimde incelenmesi ve verilerin doğrulanması amacıyla

kullanılmıştır. Ayrıca kayıtlar, öğrencilerin katılım ve performans davranışlarının tekrar tekrar incelenmesine olanak sağlamıştır.

3.4. Uygulama Süreci

Araştırma kapsamında toplam 12 hafta boyunca gitar eşlikli müzik öğretimine dayalı etkinlikler belirli bir plan doğrultusunda uygulanmıştır. Uygulama sürecinde öğrencilerle gitar eşliğinde şarkı söyleme, ritim çalışmaları, tekrar etkinlikleri ve çeşitli müziksel uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Öğretim etkinlikleri sırasında öğrencilerin etkinliklere katılım düzeyleri, dikkat süreleri, etkinlikleri sürdürme davranışları ve performansları gözlemlenmiştir. Süreç boyunca elde edilen veriler araştırmacı günlükleri ve video kayıtları ile desteklenerek kayıt altına alınmıştır.

3.5. Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen verilerin analizinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı günlükleri ve video kayıtlarından elde edilen gözlem notları öncelikle araştırmanın amacı doğrultusunda düzenlenmiş ve incelenmiştir. Daha sonra araştırmanın alt problemleri dikkate alınarak veriler katılım davranışları ve performans davranışları şeklinde tematik kategoriler altında sınıflandırılmıştır. Benzer özellikler gösteren veriler bu temalar altında bir araya getirilmiş, yorumlanmış ve öğrencilerin katılım ile performans davranışlarına ilişkin bulgular ortaya konulmuştur. Bulguların sunumunda araştırmacı günlükleri ve uygulama sürecinden elde edilen video kayıtlarından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma kapsamında elde edilen bulgular, araştırmanın alt problemleri doğrultusunda sunulmuştur.

4.1. Gitar Eşlikli Müzik Öğretiminin Katılım Düzeylerine İlişkin Bulgular

Araştırma sürecinde elde edilen gözlem kayıtları, araştırmacı günlükleri ve video kayıtları birlikte değerlendirildiğinde gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin etkinliklere katılım düzeylerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Uygulama sürecinin başlangıcında bazı öğrencilerin etkinliklere katılım konusunda çekingen davrandıkları, dikkatlerini öğretim etkinliği üzerinde sürdürmekte zorlandıkları ve zaman zaman etkinlik dışı davranışlar sergiledikleri gözlenmiştir.

Uygulama sürecinin ilerleyen aşamalarında öğrencilerin etkinliklere katılım sıklığında artış meydana geldiği belirlenmiştir. Özellikle gitar eşliğinde gerçekleştirilen şarkı söyleme ve ritim çalışmalarında öğrencilerin etkinliklere gönüllü olarak katıldıkları, öğretmenin yönlendirmelerini takip ettikleri ve etkinlik süresince dikkatlerini daha uzun süre sürdürebildikleri gözlenmiştir. Video kayıtları incelendiğinde öğrencilerin etkinlik başlangıcında öğretmene yönelme, etkinliği izleme ve etkinlik boyunca süreci takip etme davranışlarında artış olduğu görülmüştür.

Araştırmacı günlüklerinde de öğrencilerin uygulama süreci ilerledikçe etkinliklere karşı daha istekli bir tutum geliştirdikleri ve etkinliklerin sürdürülmesine daha fazla katkı sağladıkları ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular, gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin öğretim etkinliklerine katılımını desteklediğini göstermektedir.

4.2. Gitar Eşlikli Müzik Öğretiminin Performans Davranışlarına İlişkin Bulgular

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin performans davranışları üzerinde olumlu değişimler oluşturduğunu göstermektedir. Uygulama süreci boyunca öğrencilerin şarkı sözlerini tekrar etme, ritmik örüntülere uyum sağlama, melodilere eşlik etme ve verilen yönergeleri yerine getirme davranışlarında gelişim gözlenmiştir.

Özellikle uygulamanın ilerleyen aşamalarında öğrencilerin şarkı sözlerini daha doğru biçimde tekrar ettikleri, ritmik etkinliklere daha uygun tepkiler verdikleri ve müziksel etkinliklerde daha aktif rol üstlendikleri

belirlenmiştir. Bazı öğrencilerin başlangıçta sınırlı düzeyde sergiledikleri performans davranışlarını süreç içerisinde daha tutarlı biçimde gerçekleştirdikleri gözlenmiştir.

Video kayıtlarında öğrencilerin öğretmenin model olduğu davranışları daha kolay taklit ettikleri, şarkı sözlerini tekrar etme sıklıklarının arttığı ve ritim çalışmalarına daha etkin biçimde katıldıkları görülmüştür. Araştırmacı günlükleri de öğrencilerin uygulama süreci ilerledikçe görevleri tamamlama ve etkinlikleri sürdürme konusunda daha başarılı performans sergilediklerini ortaya koymaktadır.

4.3. Araştırmacı Günlükleri ve Video Kayıtlarından Elde Edilen Bulgular

Araştırmada kullanılan veri kaynaklarının bütüncül biçimde incelenmesi sonucunda gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin öğrenme süreçlerini destekleyen bir öğretim uygulaması olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı günlükleri ve video kayıtlarının tamamında öğrencilerin müzik eşliğinde gerçekleştirilen etkinliklere karşı ilgi gösterdikleri ve etkinlik sürecine aktif biçimde katıldıkları görülmüştür.

Araştırmacı günlüklerinde öğrencilerin gitar eşliğinin kullanıldığı etkinliklerde dikkatlerini daha kolay topladıkları, etkinlikleri sürdürme konusunda daha istekli davrandıkları ve öğretmenin yönlendirmelerine daha hızlı tepki verdikleri belirtilmiştir. Video kayıtlarında ise öğrencilerin şarkı söyleme, ritim tutma, beden hareketleriyle eşlik etme ve etkinliklere katılım davranışlarının uygulama süreci boyunca daha görünür hâle geldiği gözlenmiştir.

Veri kaynaklarından elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin katılım ve performans davranışlarını destekleyen bir öğretim uygulaması olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin katılım ve performans davranışları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma sürecinde elde edilen bulgular, gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin öğrenme süreçlerini destekleyen etkili bir öğretim uygulaması olduğunu ortaya koymuştur. Uygulama süreci boyunca öğrencilerin etkinliklere yönelik ilgilerinin arttığı, dikkatlerini etkinlik üzerinde daha uzun süre sürdürebildikleri ve öğrenme ortamına daha aktif biçimde katıldıkları belirlenmiştir. Bununla birlikte öğrencilerin şarkı sözlerini tekrar etme, ritmik örüntülere uyum sağlama, melodilere eşlik etme ve verilen yönergeleri yerine getirme gibi performans davranışlarında da gelişim gözlenmiştir.

Araştırma sonuçları, müzik temelli öğretim uygulamalarının öğrenme sürecini destekleyici niteliğini ortaya koyan alan yazınla paralellik göstermektedir. Müzik; ritim, melodi ve tekrar unsurlarını bir arada barındırması nedeniyle bireylerin dikkatlerini sürdürmelerini kolaylaştırmakta ve öğrenme etkinliklerine yönelik motivasyonlarını artırabilmektedir. Bu bağlamda gitar eşliği, yalnızca müziksel bir unsur olarak değil, aynı zamanda öğrenme sürecini yapılandıran pedagojik bir araç olarak değerlendirilebilir. Özellikle zihinsel yetersizliği olan bireylerin dikkat sürelerinin sınırlı olabildiği ve öğrenme süreçlerinde ek desteğe ihtiyaç duyabildikleri düşünüldüğünde, gitar eşliğinin sunduğu çoklu duyuşal uyaranların eğitim sürecine önemli katkılar sağladığı söylenebilir.

Araştırmada elde edilen bulgular, katılım ve performans davranışları arasında karşılıklı bir ilişkinin bulunduğunu da göstermektedir. Öğrencilerin etkinliklere daha aktif katılım göstermeleri, performans davranışlarının gelişimini desteklerken; performans davranışlarında gözlenen gelişmeler de öğrencilerin etkinliklere yönelik ilgilerini ve motivasyonlarını artırmış olabilir. Bu durum, öğrenme sürecinin bilişsel, davranışsal ve duyuşsal boyutlarının birbirinden bağımsız değil, birbirini destekleyen bir yapı içerisinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Araştırmanın bir diğer sonucu, gitar eşlikli müzik öğretiminin öğrencilerin yalnızca müziksel becerilerini değil, aynı zamanda dikkat, yönerge takip etme, etkinliği sürdürme ve öğrenme ortamına uyum sağlama gibi eğitim süreci açısından önemli davranışları da desteklemesidir. Bu yönüyle gitar eşlikli müzik öğretimi, zihinsel

yetersizliği olan bireylerin eğitiminde kullanılabilecek işlevsel ve destekleyici öğretim uygulamalarından biri olarak değerlendirilebilir. Nitekim müzik temelli uygulamaların bireylerin katılım, iletişim, etkileşim ve öğrenme süreçlerine olumlu katkılar sağladığını ortaya koyan araştırmalar da bu sonucu desteklemektedir.

Sonuç olarak, gitar eşlikli müzik öğretiminin zihinsel yetersizliği olan bireylerin eğitim süreçlerinde katılımı teşvik eden, performans davranışlarını geliştiren ve öğrenme deneyimini destekleyen etkili ve işlevsel bir öğretim yaklaşımı olduğu söylenebilir. Gitarın ritim, melodi ve armoniyi bir arada sunabilen yapısı sayesinde öğrencilerin dikkatlerini öğrenme etkinlikleri üzerinde yoğunlaştırmalarına yardımcı olduğu ve öğrenme sürecine daha etkin katılımlarını desteklediği söylenebilir. Bu nedenle gitar eşlikli müzik öğretiminin özel eğitim uygulamalarında daha yaygın biçimde kullanılması yararlı olabilir.

Araştırma sonuçları doğrultusunda zihinsel yetersizliği olan bireylerin eğitiminde gitar eşlikli müzik öğretimi uygulamalarına daha fazla yer verilmesi, öğretmenlere bu konuda hizmet içi eğitimler sunulması ve farklı yaş grupları ile farklı yetersizlik türlerinde benzer çalışmaların yürütülmesi önerilebilir. Ayrıca farklı çalgıların öğretim sürecindeki etkilerini ele alan ve daha uzun süreli uygulamalara dayanan araştırmaların, konuya ilişkin bilgi birikiminin derinleşmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alashram, A. R., Janada, Q., Ghrear, T., & Annino, G. (2025). Role of music therapy in improving cognitive function post-traumatic brain injury: A systematic review. *Applied Neuropsychology: Adult*, 32(5), 1486-1495. <https://doi.org/10.1080/23279095.2023.2228951>
- Bergmark, U., & Westman, S. (2018). Student participation within teacher education: Emphasising democratic values, engagement and learning for a future profession. *Higher Education Research & Development*, 37(7), 1352-1365. <https://doi.org/10.1080/07294360.2018.1484708>
- Carini, R.M., Kuh, G.D. & Klein, S.P. Student Engagement and Student Learning: Testing the Linkages. *Res High Education* 47, 1-32 (2006). <https://doi.org/10.1007/s11162-005-8150-9>
- Clark, N., & Hsu, J. L. (2023). Insight from biology program learning outcomes: Implications for teaching, learning, and assessment. *CBE-Life Sciences Education*, 22(1), Article ar5. <https://doi.org/10.1187/cbe.22-09-0177>
- Dong, Y. N. (2025). The impact of music-integrated educational practices on students' social skills development. *Advances in Curriculum Design & Education*, 1(2), 172-184. <https://doi.org/10.63808/acde.v1i2.135>
- Duque, E., Gairal, R., Molina, S., & Roca, E. (2020). How the psychology of education contributes to research with a social impact on the education of students with special needs: The case of successful educational actions. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 439. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00439>
- Erarslan, I., Budak, M., & Tarakci, D. (2026). Effects of music-based occupational therapy activities on attention executive functions in children with attention deficit and hyperactivity disorder. *PLOS ONE*, 21(5), e0349284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0349284>
- Erikson, M. G., & Erikson, M. (2019). Learning outcomes and critical thinking—Good intentions in conflict. *Studies in Higher Education*, 44(12), 2293-2303. <https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1486813>
- Francisco, M. P. B., Hartman, M., & Wang, Y. (2020). Inclusion and special education. *Education Sciences*, 10(9), 238. <https://doi.org/10.3390/educsci10090238>
- Gül, G. (2023). Use of technology-supported educational tools in general music education and its contribution to the process of music education. *Acta Educationis Generalis*, 13(2), 1-16. <https://doi.org/10.2478/atd-2023-0014>
- Hurwitz, S., Perry, B., Cohen, E. D., & Skiba, R. (2020). Special education and individualized academic growth: A longitudinal assessment of outcomes for students with disabilities. *American Educational Research Journal*, 57(2), 576-611. <https://doi.org/10.3102/0002831219857054>
- Ito, E., Nouchi, R., Dinét, J., Cheng, C.-H., & Husebø, B. S. (2022). The effect of music-based intervention on general cognitive and executive functions, and episodic memory in people with mild cognitive impairment and dementia: A systematic review and meta-analysis of recent randomized controlled trials. *Healthcare*, 10(8), Article 1462. <https://doi.org/10.3390/healthcare10081462>
- Jing, Y., & Han, S. (2025). The integration and application of music rhythm teaching with multimedia technology in the education of children with special needs. In *Proceedings of the 17th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC 2025)* (pp. 520-524). <https://doi.org/10.1145/ECTC66579.2025.1138722>
- Kauffman, J. M., & Hornby, G. (2020). Inclusive vision versus special education reality. *Education Sciences*, 10(9), 258. <https://doi.org/10.3390/educsci10090258>
- Kurtaslan, H., & Güleken, Ü. E. (2024). Rehabilitation of individuals with special educational needs through music: An accreditation model proposal. *Behavioral Sciences*, 14(4), 329. <https://doi.org/10.3390/bs14040329>

- Kuutti, T., Sajaniemi, N., Björn, P. M., Heiskanen, N., & Reunamo, J. (2022). Participation, involvement and peer relationships in children with special educational needs in early childhood education. *European Journal of Special Needs Education*, 37(4), 587-602. <https://doi.org/10.1080/08856257.2021.1920214>
- Lee, J.S. (2014). The relationship between student engagement and academic performance: Is it a myth or reality? *The Journal of Educational Research*, 107(3), 177-185. <https://doi.org/10.1080/00220671.2013.807491>
- MacGlone, U. M., Vamvakaris, J., Wilson, G. B., & MacDonald, R. A. R. (2020). Understanding the wellbeing effects of a community music program for people with disabilities: A mixed methods, person-centered study. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 588734. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.588734>
- Mayer-Benarous, H., Benarous, X., Vonthron, F., & Cohen, D. (2021). Music therapy for children with autistic spectrum disorder and/or other neurodevelopmental disorders: A systematic review. *Frontiers in Psychiatry*, 12, Article 643234. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643234>
- Pérez-Salas, C. P., Parra, V., Sáez-Delgado, F., & Olivares, H. (2021). Influence of teacher-student relationships and special educational needs on student engagement and disengagement: A correlational study. *Frontiers in Psychology*, 12, Article 708157. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708157>
- Pitychoutis, K. M., Spathopoulou, F., & Scurtu, B. (2026). Music as pedagogy in ELT: Mechanisms, micro-sequences, and measured gains-A mini-review. *Frontiers in Education*, 11, Article 1731546. <https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1731546>
- Román-Caballero, R., Vadillo, M. A., Trainor, L. J., & Lupiáñez, J. (2022). Please don't stop the music: A meta-analysis of the cognitive and academic benefits of instrumental musical training in childhood and adolescence. *Educational Research Review*, 35, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100436>
- Sala, G., & Gobet, F. (2020). Cognitive and academic benefits of music training with children: A multilevel meta-analysis. *Memory & Cognition*, 48(8), 1429-1441. <https://doi.org/10.3758/s13421-020-01060-2>
- Schnitzler, K., Holzberger, D., & Seidel, T. (2021). All better than being disengaged: Student engagement patterns and their relations to academic self-concept and achievement. *European Journal of Psychology of Education*, 36(3), 627-652. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00500-6>
- Shi, Z., Wang, S., Chen, M., Hu, A., Long, Q., & Lee, Y. (2024). The effect of music therapy on language communication and social skills in children with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1336421. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1336421>
- Yuliana, & Sukinah. (2025). Enhancing learning engagement of students with special needs through inclusive classroom management strategies. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(4), 2130-2141. <https://doi.org/10.56916/jirpe.v4i4.2042>

PACO DE LUCİA’NIN FLAMENKO GİTARININ GELİŞİMİNE VE GİTAR EĞİTİMİNE KATKILARININ İNCELENMESİ

Dr.Öğr.Üyesi, Sinem Miraç ÖZTÜRK

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, müzik eğitimi, sinemmiracozturk@ksu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9355-2557

Özet

Bu çalışmanın amacı, Paco de Lucia’nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine yaptığı katkıları incelemek ve bu katkıların gitar eğitimi üzerindeki yansımalarını değerlendirmektir. Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında yürütülmüş bir derleme çalışmasıdır. Veriler, Paco de Lucia’nın yaşamı, sanatsal çalışmaları ve eğitimsel etkileri üzerine yayımlanmış kitaplar, makaleler ve diğer bilimsel kaynakların doküman incelemesi yoluyla elde edilmiş; betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Bulgular, sanatçının flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine, uluslararasılaşmasına ve gitar eğitimine önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Özellikle picado, rasgueado ve alzapúa tekniklerinin gelişimine yaptığı katkılar, caz ve dünya müziği unsurlarını flamenkoya dâhil ederek müziğin ifade olanaklarını genişletmesi ve flamenko gitarının küresel ölçekte tanınmasına öncülük etmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca sanatçının eserleri ve teknik yaklaşımının günümüzde flamenko gitar eğitiminde önemli bir referans kaynağı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Paco de Lucia’nın, flamenko gitarının teknik, müzikal ve eğitsel gelişiminde dönüştürücü bir rol üstlendiği ve modern flamenko gitarının şekillenmesinde belirleyici bir sanatçı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Paco De Lucia, Flamenko Gitarı, Gitar Eğitimi, Flamenko Müziği, Uluslararasılaşma.

EXAMINING PACO DE LUCIA'S CONTRIBUTIONS TO THE DEVELOPMENT OF FLAMENKO GUITAR AND GUITAR EDUCATION

Assist. Prof. Dr. Sinem Miraç ÖZTÜRK

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Music Education, Türkiye

sinemmiracozturk@ksu.edu.tr ORCID: 0000-0001-9355-2557

Abstract

The aim of this study is to examine Paco de Lucía's contributions to the technical and musical development of flamenco guitar and to evaluate the reflections of these contributions on guitar education. The study was conducted as a review study within the framework of a qualitative research approach. The data were obtained through document analysis of books, articles, and other scholarly sources published on Paco de Lucía's life, artistic works, and educational influence, and were analyzed using descriptive analysis. The findings indicate that the artist made significant contributions to the technical and musical development, internationalization, and educational dimensions of flamenco guitar. In particular, his contributions to the development of picado, rasgueado, and alzapúa techniques, his expansion of the expressive possibilities of flamenco through the incorporation of jazz and world music elements, and his role in promoting flamenco guitar on a global scale stand out as major achievements. Furthermore, the study reveals that his compositions and technical approach continue to serve as important reference sources in contemporary flamenco guitar education. As a result, it was concluded that Paco de Lucía played a transformative role in the technical, musical, and educational development of flamenco guitar and was a key figure in shaping modern flamenco guitar.

Keywords: Paco de Lucía, Flamenco Guitar, Guitar Education, Flamenco Music, Internationalization.

1.GİRİŞ

Flamenko, İspanya'nın özellikle Endülüs bölgesinde gelişen ve şarkı (cante), dans (baile) ve gitar eşliği (toque) unsurlarından oluşan geleneksel bir müzik kültürüdür (Rosillo-Rodes, Miguel & Sánchez, 2024; Flores, 2011). Kökenleri Arap, Yahudi, Roman ve İspanyol kültürel etkileşimlerine dayanan flamenko, zaman içerisinde yerel bir halk müziği türünden uluslararası bir sanat formuna dönüşmüştür. Flamenko gitarı ise başlangıçta şarkıcı ve dansçılara eşlik eden bir çalgı olarak kullanılırken zamanla bağımsız bir solo çalgı niteliği kazanmıştır. Arap müzik kültürünün etkilerinin görüldüğü flamenko, İspanya'da gelişen bir halk dansı ve müzik geleneğidir. 18. yüzyıldan itibaren icra biçimleri ve müzikal özellikleri doğrultusunda malagueñas, sevillanas, rondeñas, alegrias ve fandango gibi çeşitli alt türlere ayrılmıştır. Bu türlerin icrasında gitar, çoğunlukla eşlik görevi üstlenen temel çalgılardan biri olarak kullanılmaktadır (Elmas, 2003).

20.yüzyılın ortalarına kadar flamenko gitarı büyük ölçüde geleneksel kalıplar içerisinde gelişimini sürdürmüş, teknik ve müzikal açıdan belirli sınırlar içerisinde kalmıştır (Torres Cortes, 2020). Ancak sonraki dönemlerde ortaya çıkan bazı virtüöz gitaristler, flamenko gitarının teknik kapasitesini genişleterek yeni bir dönemin başlamasına öncülük etmiştir.

Bu dönüşüm sürecinin en önemli temsilcilerinden biri olan Paco de Lucia, flamenko gitarının tarihsel gelişiminde dönüm noktası olarak kabul edilen sanatçılar arasında yer almaktadır. Geleneksel flamenko anlayışını korurken aynı zamanda caz, klasik müzik ve dünya müziği unsurlarını eserlerine dâhil ederek flamenko gitarının sınırlarını genişletmiştir. Melodik, armonik, ritmik ve teknik açılarından gerçekleştirdiği yenilikler, flamenko müziğinin ifade olanaklarını artırmış ve türün gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Teknik becerisi, yenilikçi yaklaşımı ve uluslararası başarıları sayesinde flamenko gitarını dünya çapında tanınan bir sanat formuna dönüştürmüş; bu yönüyle birçok araştırmacı ve müzisyen tarafından modern flamenkonun öncü isimlerinden biri olarak kabul edilmiştir (Zagalaz, 2012; Arapgirlioğlu ve Uludağ, 2011).

Sanatçının yalnızca icracı kimliğiyle değil, aynı zamanda sonraki kuşak gitaristleri etkileyen pedagojik mirasıyla da flamenko gitar tarihinde önemli bir yere sahip olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda Paco de Lucia'nın teknik, müzikal ve eğitsel katkılarının incelenmesi, hem flamenko gitarının gelişim sürecinin anlaşılması hem de gitar eğitimi alanına yönelik çıkarımlar ortaya konulması açısından önem taşımaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı, Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine yaptığı katkıları incelemek ve bu katkıların gitar eğitimi üzerindeki yansımalarını değerlendirmektir. Araştırma, modern flamenko gitarının gelişiminde önemli bir yere sahip olan Paco de Lucia'nın sanatsal mirasını teknik, müzikal ve eğitsel boyutlarıyla ele alması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca çalışma, flamenko gitarının gelişim sürecine ve gitar eğitimindeki kullanım alanlarına ilişkin alanyazına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

1.2. Problem Durumu

Flamenko gitarı, geleneksel olarak sözlü aktarım ve usta-çırak ilişkisi içerisinde gelişmiş bir müzik pratiği olmasına rağmen, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren önemli teknik ve müzikal dönüşümler yaşamıştır. Bu dönüşüm sürecinde Paco de Lucia, geliştirdiği yenilikçi icra anlayışı, teknik uygulamaları ve farklı müzik türleriyle kurduğu etkileşimler sayesinde flamenko gitarının gelişiminde belirleyici bir rol üstlenmiştir. Ancak Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine yaptığı katkılar ile bu katkıların gitar eğitimine yansımalarının bütüncül olarak ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle sanatçının flamenko gitarına ve gitar eğitimine sağladığı katkıların incelenmesi önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda araştırmanın alt problemleri aşağıdaki gibidir:

1. Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine katkıları nelerdir?

2. Paco de Lucia'nın flamenko gitarının uluslararasılaşmasına katkıları nelerdir?
3. Paco de Lucia'nın gitar eğitimine katkıları nelerdir?

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Flamenko Gitarının Tarihsel Gelişimi

Flamenko gitarı başlangıçta yalnızca eşlik işlevi gören bir çalgı olarak kullanılmıştır. 19. yüzyılın sonlarından itibaren Ramón Montoya, Niño Ricardo ve Sabicas gibi gitaristler flamenko gitarının teknik ve müzikal kapasitesini genişletmeye başlamıştır (Manuel, 1986; Torres Cortes, 2020; Zagalaz, 2015). Bu süreç flamenko gitarının solo bir çalgı olarak kabul edilmesinin önünü açmıştır.

Paco de Lucia'nın ortaya çıktığı döneme gelindiğinde flamenko gitarı önemli bir gelişim göstermiş olsa da halen büyük ölçüde geleneksel sınırlar içerisinde değerlendirilmekteydi (Zagalaz, 2012). Bu nedenle sanatçının katkıları mevcut gelişimin devamı niteliğinde değil, aynı zamanda dönüştürücü bir etki olarak görülmektedir.

2.2. Flamenko Gitarda Teknik ve Müzikal Yaklaşımlar

Flamenko gitarının ayırt edici özellikleri arasında rasgueado, picado, alzapúa, tremolo ve arpej teknikleri bulunmaktadır. Bu teknikler icra becerisini ve flamenko müziğinin karakteristik yapısını belirlemektedir. Flamenko gitar, tam sistemleşmiş bir eğitim anlayışına sahip olmamakla birlikte, çok varyasyonlu ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Rasgueado, alzapua ve tremolo tekniklerindeki çeşitlilik, agresif icra anlayışıyla birleşerek karmaşıklığı artırır. Ayrıca bazı formlarda aynı kompas içinde farklı vuruş açımları görülmektedir (Arapgirlioğlu ve Uludağ, 2011).

Bunun yanında flamenko müziğinde doğaçlama, ritmik yapı (compas) ve geleneksel form anlayışı önemli yer tutmaktadır (Kroher et al., 2015). Flamenko gitarının gelişimi teknik beceriler ile müzikal yaratıcılık arasındaki etkileşim doğrultusunda şekillenmiştir. Geleneksel ve modern akımlar arasındaki yenilik arayışlarını sürdüren flamenko, son yıllarda teknik olarak daha disiplinli bir sisteme ulaşmıştır (Arapgirlioğlu ve Uludağ, 2011).

2.3. Gitar Eğitiminde Geleneksel ve Modern Yaklaşımlar

Flamenko gitarı uzun yıllar boyunca usta-çırak ilişkisi içerisinde öğretilmiştir. Bu yaklaşımda öğrenme süreci büyük ölçüde gözlem, taklit ve uygulama yoluyla gerçekleşmiştir. Günümüzde ise konservatuvar programları, yazılı metotlar ve akademik eğitim modelleri flamenko gitar eğitiminde önemli bir yer edinmiştir (Yöndem, 2015; Özgül, 2023; Ayyıldız ve Zahal, 2022).

Bu dönüşüm, flamenko gitarını halk müziği geleneği olmaktan çıkarak akademik müzik eğitiminin bir parçası hâline gelmesini sağlamıştır.

Son yıllarda flamenko gitar eğitimi, yalnızca performans becerilerinin kazandırılmasına odaklanan geleneksel anlayışın ötesine geçerek teknik analiz, stil bilgisi, doğaçlama becerileri ve kültürel bağlamın birlikte ele alındığı daha sistematik bir yapıya yönelmiştir. Bu süreçte Paco de Lucia gibi sanatçıların eserleri ve icra yaklaşımları, eğitim programlarında önemli bir öğrenme kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle sanatçının geliştirdiği teknik uygulamalar, ritmik çeşitlilik anlayışı ve müzikal yorumlama yaklaşımı, günümüzde flamenko gitar eğitiminde hem repertuvar oluşturma hem de ileri düzey teknik becerilerin geliştirilmesi açısından önemli bir referans noktası olarak değerlendirilmektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında yürütülmüş bir derleme çalışmasıdır. Nitel araştırmalar, olgu ve olayların doğal bağlamları içerisinde ayrıntılı biçimde incelenmesine, yorumlanmasına ve anlamlandırılmasına

olanak sağlayan araştırmalardır. Ayrıca bu yaklaşım, karmaşık sosyal olguların sayılaştırılmadan derinlemesine ve bütüncül biçimde anlaşılmasını amaçlar (Aspers & Corte, 2019; Lim, 2024). Araştırmada, Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine, uluslararasılaşmasına ve gitar eğitimine yönelik katkılarının kapsamlı bir biçimde ortaya konulabilmesi amacıyla doküman incelemesi yönteminden yararlanılmıştır.

Doküman inceleme yöntemi, araştırmacının veri kaynaklarını oluşturan birincil ve ikincil nitelikteki dokümanların sistematik biçimde elde edilmesi, incelenmesi, değerlendirilmesi ve analiz edilmesine dayanan bir araştırma yöntemidir (Özkan, 2021). Bu yöntem, tarihsel süreç içerisinde gerçekleşen olayların, bireylerin ve olguların mevcut yazılı kaynaklar aracılığıyla ayrıntılı biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır. Araştırma kapsamında Paco de Lucia'nın yaşamı, sanatsal çalışmaları ve gitar eğitimine etkileriyle ilgili akademik yayınlar, kitaplar, tezler ve biyografik kaynaklar incelenmiş; elde edilen bilgiler araştırmacının amacı doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu sayede sanatçının flamenko gitarının gelişimine ve gitar eğitimine sağladığı katkılarının bütüncül bir bakış açısıyla ortaya konulması amaçlanmıştır.

3.2. Veri Kaynakları

Araştırma kapsamında Paco de Lucia'nın yaşamı, sanatsal çalışmaları ve eğitimsel etkileri üzerine yayımlanmış kitaplar, makaleler, tezler ve biyografik çalışmalar incelenmiştir. Veri kaynaklarının belirlenmesinde, Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine katkıları, flamenkonun uluslararasılaşma sürecindeki rolü ve gitar eğitimine etkileriyle doğrudan ilişkili çalışmaların seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu doğrultuda ulusal ve uluslararası alanyazında yer alan akademik yayınlar taranmış; konuya ilişkin tarihsel, teknik, müzikal ve eğitsel boyutları ele alan kaynaklardan yararlanılmıştır. Elde edilen dokümanlar araştırmacının amacı doğrultusunda değerlendirilerek analiz sürecine dâhil edilmiştir.

3.3. Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Analiz sürecinde öncelikle konuya ilişkin dokümanlar ayrıntılı olarak incelenmiş, ardından Paco de Lucia'nın flamenko gitarına yönelik katkılarını açıklayan bulgular ortak özellikleri doğrultusunda tematik olarak sınıflandırılmıştır. Bu doğrultuda bulgular; sanatçının flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine katkıları, flamenko gitarının uluslararasılaşma sürecindeki rolü ve gitar eğitimine yansımaları olmak üzere üç ana tema altında ele alınmıştır. Temalar kapsamında elde edilen veriler ilgili literatür ışığında yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Paco de Lucia'nın Flamenko Gitarının Teknik ve Müzikal Gelişimine Katkıları

Paco de Lucia'nın flamenko gitara en önemli katkılarından biri, gitar tekniği, ritim, armoni ve melodiyi bütüncül bir yaklaşımla yeniden ele almasıdır. Eserlerinde teknik gitar uygulamaları, zengin ritmik yapılar, yenilikçi armonik anlayış, güçlü melodik çizgiler ve farklı müzik geleneklerinden beslenen unsurlar dikkat çekmektedir (Torres Cortes, 2020). Paco de Lucia, özellikle picado tekniğinde ulaştığı hız ve temiz icra anlayışıyla flamenko gitarında yeni bir standart oluşturmuştur. Sanatçı ayrıca rasgueado ve alzapúa tekniklerinin kullanım alanlarını genişletmiş ve sağ el tekniğinin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Bu yenilikler, flamenko gitarının teknik kapasitesini artırmış ve sonraki kuşak gitaristler için yeni bir referans noktası oluşturmuştur.

Paco de Lucia'nın flamenko gitarının gelişimine katkıları yalnızca teknik boyutla sınırlı kalmamıştır. Sanatçı; solo gitar anlayışını, ritmik dili ve armonik yapıyı yeniden yorumlayarak flamenko müziğinin ifade olanaklarını genişletmiştir. Bu kapsamda geliştirdiği yenilikçi yaklaşım, flamenko gitarının geleneksel sınırlarını aşmasına ve daha geniş bir müzikal çerçevede değerlendirilmesine katkı sağlamıştır.

Sanatçının en önemli katkılarından biri de flamenko müziğini caz ve dünya müziği unsurlarıyla bir araya getirmesidir. Özellikle armonik yapı, doğaçlama anlayışı ve form kullanımında gerçekleştirdiği yenilikler,

flamenko müziğinin müzikal çeşitliliğini artırmıştır. 1960'lı yıllar modern flamenkonun şekillenmeye başladığı dönem olarak kabul edilmektedir. Bu dönemin en etkili gitaristlerinden biri olan Paco de Lucia (Francisco Sánchez), flamenko ile cazın modal ve doğaçlamaya dayalı unsurlarını bir araya getirerek müzik dilini zenginleştirmiştir (Arapgırlıoğlu ve Uludağ, 2011). Bu yaklaşım, geleneksel flamenko anlayışının korunmasını sağlarken aynı zamanda yeni müzikal ufukların açılmasına da katkıda bulunmuştur.

Paco de Lucia'nın ortaya koyduğu yenilikler yalnızca kendi dönemini etkilemekle kalmamış, sonraki kuşak flamenko gitaristleri üzerinde de kalıcı izler bırakmıştır. Vicente Amigo ve Tomatito başta olmak üzere birçok gitarist, sanatçının teknik yaklaşımından, armonik anlayışından ve müzikal yorumundan etkilenmiştir. Bu yönüyle Paco de Lucia, flamenko gitarını geleneksel temellerini koruyarak dönüştüren ve modern flamenko gitar anlayışının şekillenmesinde belirleyici rol oynayan sanatçılardan biri olarak değerlendirilmektedir.

4.2. Flamenko Gitarının Uluslararasılaşmasına Katkıları

Paco de Lucia'nın flamenkonun uluslararasılaşmasına katkısı, yalnızca üstün icra becerisiyle değil, küresel dinleyiciye hitap eden yeni bir flamenko dili oluşturmasıyla da öne çıkmaktadır. Geleneksel flamenko unsurlarını korurken caz, Latin ve dünya müziği etkilerini eserlerine başarıyla entegre eden sanatçı, modern flamenko gitarının en etkili temsilcilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu yönüyle Paco de Lucia, flamenkonun uluslararası müzik sahnesinde daha görünür ve erişilebilir hâle gelmesinde belirleyici bir rol oynamıştır (Zagalaz, 2012).

Paco de Lucia'nın uluslararası konserleri, geniş kitlelere ulaşan albümleri ve farklı kültürlerden müzisyenlerle gerçekleştirdiği iş birlikleri, flamenko gitarının dünya çapında tanınmasına önemli katkılar sağlamıştır. Bu süreçte flamenko, yalnızca İspanya'ya özgü yerel bir müzik geleneği olarak algılanmaktan çıkarak uluslararası müzik sahnesinde kendine yer bulan evrensel bir sanat formuna dönüşmüştür.

Paco de Lucia, geleneksel flamenko unsurlarını korurken caz, Latin ve diğer müzik türlerinden yararlanarak enstrümanın ifade olanaklarını genişletmiştir (Manuel, 2018). Geliştirdiği yenilikçi gitar dili ve müzikal yaklaşım, dünya genelindeki gitaristler için önemli bir referans oluşturmuş; flamenko gitarının hem sanatsal prestijinin artmasına hem de farklı coğrafyalarda benimsenerek yaygınlaşmasına öncülük etmiştir.

4.3. Gitar Eğitimine Katkıları

Paco de Lucia'nın gitar eğitimine katkıları doğrudan yazdığı bir "metot"tan çok, flamenko gitarın nasıl öğrenildiği, icra edildiği ve öğretildiği üzerine bıraktığı dönüştürücü etki üzerinden görülür. Alanyazında ortak olarak vurgulanan nokta, Paco de Lucia'nın teknik, ritmik, armonik ve stilistik yeniliklerinin modern flamenko gitar anlayışını önemli ölçüde dönüştürmüş olmasıdır (Lapidus, 2026).

Sanatçının eserleri günümüzde klasik gitar ve flamenko gitar eğitiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle Entre Dos Aguas, Almoraima, Rio Ancho ve Zyryab gibi eserler teknik gelişim, ritim çalışmaları ve müzikal yorum becerilerinin geliştirilmesinde eğitim materyali olarak değerlendirilmektedir.

Eğitim açısından bakıldığında, flamenko gitar öğrenimi hâlâ büyük ölçüde sözlü aktarım, taklit, tekrar, aktif dinleme ve eşlik pratiği üzerine kuruludur (Heredia-Carroza et al., 2025; Casas-Mas, Pozo & Montero, 2022). Ayrıca sanatçının geliştirdiği teknik yaklaşım günümüzde birçok flamenko gitar metodunun temel referanslarından biri hâline gelmiştir.

Bu açıdan Paco de Lucia'nın etkisi, doğrudan bir öğretim modeli geliştirmekten ziyade, flamenko gitar eğitiminde teknik yeterlilik, ritmik duyarlılık ve armonik çeşitlilik anlayışını yeniden şekillendirmesinde görülmektedir. Bununla birlikte, alanyazında flamenkonun eğitimsel açıdan önemli fırsatlar sunduğu vurgulanırken, öğretmen yetiştirme süreçleri, kuramsal temellerin güçlendirilmesi ve eğitimin sistematik bir yapıya kavuşturulması konularında çeşitli eksikliklerin devam ettiği belirtilmektedir (Cortés-Vázquez et al., 2025).

5. SONUÇ

Bu araştırmada, Paco de Lucia'nın flamenko gitarının teknik ve müzikal gelişimine, uluslararasılaşmasına ve gitar eğitimine olan katkıları doküman incelemesi yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sanatçının yalnızca üstün bir icracı değil, aynı zamanda flamenko gitarının gelişim sürecini yönlendiren yenilikçi bir müzisyen olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları, Paco de Lucia'nın flamenko gitarına yaptığı katkıların teknik, müzikal ve eğitsel boyutlarda çok yönlü bir dönüşüm yarattığını ortaya koymaktadır. Sanatçı, özellikle picado, rasgueado ve alzapúa gibi tekniklerin kullanımında ortaya koyduğu yeniliklerle flamenko gitarının teknik kapasitesini genişletmiş; ritim, armoni ve melodiye ilişkin geliştirdiği yaklaşım sayesinde müziğin ifade olanaklarını artırmıştır. Geleneksel flamenko unsurlarını korurken caz, Latin ve dünya müziği etkilerini eserlerine dâhil etmesi, modern flamenkonun estetik ve müzikal sınırlarının yeniden şekillenmesine katkı sağlamıştır.

Çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer sonuç, Paco de Lucia'nın flamenko gitarının uluslararası ölçekte tanınmasında önemli bir rol üstlendiğidir. Uluslararası konserleri, albümleri ve farklı kültürlerden müzisyenlerle gerçekleştirdiği iş birlikleri sayesinde flamenko gitarı daha geniş dinleyici kitlelerine ulaşmış ve evrensel bir sanat formu olarak kabul görmeye başlamıştır. Bu durum, flamenkonun yalnızca yerel bir müzik geleneği olmaktan çıkarak küresel müzik kültürünün önemli bileşenlerinden biri hâline gelmesine katkıda bulunmuştur.

Gitar eğitimi açısından değerlendirildiğinde, Paco de Lucia'nın etkisinin doğrudan bir öğretim yöntemi geliştirmesinden çok, modern flamenko gitar pedagojisinin içerik ve hedeflerini dönüştürmesiyle ortaya çıktığı görülmektedir. Sanatçının eserleri ve teknik yaklaşımı günümüzde hem flamenko gitar hem de klasik gitar eğitiminde önemli öğretim materyalleri olarak kullanılmakta; teknik yeterlilik, ritmik duyarlılık, doğaçlama becerisi ve müzikal yorumlama süreçlerinin geliştirilmesinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Sonuç olarak Paco de Lucia, flamenko gitarının teknik, müzikal ve eğitsel gelişiminde dönüştürücü bir rol üstlenmiş; ortaya koyduğu yeniliklerle yalnızca kendi dönemini değil, sonraki kuşak gitaristlerin ve eğitimcilerin anlayışını da etkilemiştir. Bu nedenle sanatçının yalnızca bir virtüöz gitarist olarak değil, modern flamenko gitarının gelişimine yön veren ve günümüz gitar eğitimine kalıcı katkılar sağlayan önemli bir müzik insanı olarak değerlendirilmesi mümkündür. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmaların, Paco de Lucia'nın pedagojik mirasını ve çağdaş gitar eğitimine etkilerini daha ayrıntılı biçimde inceleyerek alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Arapgirlioğlu, H., & Uludağ, A. K. (2011). Flamenko sanatının tarihsel süreci içerisinde farklı müzik türleri ve kültürleriyle etkileşimi. *e-Journal of New World Sciences Academy Fine Arts*, 6(4), 495-505. 6-7.

Aspers, P., & Corte, U. (2019). What is Qualitative in Qualitative Research. *Qualitative Sociology*, 42, 139 - 160. <https://doi.org/10.1007/s11133-019-9413-7>

Ayyıldız, E. B., & Zahal, O. (2022). Instructor experiences with online guitar lessons during the Covid-19 pandemic in Turkey. *International Journal of Music Education*, 41, 484-496. <https://doi.org/10.1177/02557614221123078>

Cortés-Vázquez, M., Chavarria-Ortiz, C., Berraquero-Rodriguez, D., & Heredia-Carroza, J. (2025). Didactics with Art: A PRISMA Systematic Review on the Integration of Flamenko in Education. *Heritage*. <https://doi.org/10.3390/heritage8060223>

Elmas, Y. (2003). *Sorularla gitar*. Pan Yayıncılık. 94.

- Flores, Tania, “The Barzakh of Flamenko: Tracing the Spirituality, Locality and Musicality of Flamenko From South of the Strait of Gibraltar” (2011). Independent Study Project (ISP) Collection. 1118. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/1118
- Heredia-Carroza, J., Diaz-Reyes, L., Agheorghiesei, D., & Stoica, R. (2025). Cultural Heritage in Education: Flamenko as a Pedagogical Tool for Future Teachers in Spain. *Heritage*. <https://doi.org/10.3390/heritage8010020>
- Kroher, N., Diaz-Báñez, J., Mora, J., & Gómez, E. (2015). Corpus COFLA. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 9, 1 - 21. <https://doi.org/10.1145/2875428>
- Lapidus, B. (2026). Entre dos aguas: An Examination of Paco de Lucia’s Musical Connections to the Americas. *Diagonal: An Ibero-American Music Review*. <https://doi.org/10.5070/d8.64021>
- Lim, W. M. (2024). What Is Qualitative Research? An Overview and Guidelines. *Australasian Marketing Journal*, 33, 199 - 229. <https://doi.org/10.1177/14413582241264619>
- Manuel, P. (1986). Evolution and Structure in Flamenko Harmony. *Current Musicology*, 42, 46-57. <https://doi.org/10.7916/d88051hj>
- Manuel, P. (2018). Flamenco Jazz: an Analytical Study. *Journal of Jazz Studies*, 11, 29-77. <https://doi.org/10.14713/jjs.v11i2.113>
- Özgül, I. (2023). Vocational Music Education Institutions and Music Teacher Training in Turkey in the 21st Century. *International Education Studies*. <https://doi.org/10.5539/ies.v16n6p71>
- Özkan, U. B. (2021). *Eğitim bilimleri araştırmaları için doküman inceleme yöntemi* (4. bs.). Pegem Akademi. <https://doi.org/10.14527/9786052417232>
- Rosillo-Rodes, P., Miguel, M. S., & Sánchez, D. (2024). Computational Lexical Analysis of Flamenko Genres. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 18, 1 - 29. <https://doi.org/10.1145/3748729>
- Torres Cortés, N. (2020). El concepto de toque flamenko. *Revista de Investigación sobre Flamenko La Madrugá*, 17, 135-165. <https://doi.org/10.6018/flamenko.460711>
- Yöndem, S. (2015). An examination of graduate theses related with guitar in terms of methodology and content: A case of Turkey. *Educational Research Review*, 10, 2631-2638. <https://doi.org/10.5897/err2015.2455>
- Zagalaz, J. (2012). The Jazz–Flamenko Connection: Chick Corea and Paco de Lucia Between 1976 and 1982. *Journal of Jazz Studies*, 8, 33-54. <https://doi.org/10.14713/jjs.v8i1.23>
- Zagalaz, J. (2015). Fernando Vilches y Aquilino Calzada: el surgimiento del saxofón flamenko en la Segunda República Española. *Anuario Musical*, 143-160. <https://doi.org/10.3989/anuariomusical.2015.70.10>

EXPLORING LEXICAL DIVERSITY, SYNTACTIC COMPLEXITY, AND COHESION IN EFL STUDENTS' WRITING: A PROFICIENCY-LEVEL COMPARISON

MA Student, English Language Teaching, Yıldız Technical University Mücahit YILMAZ/
Assoc. Prof. Burcu ÜNAL

İstanbul Gelişim University, Foreign Languages Department, mucahit.yilmaz@std.yildiz.edu.tr, 0009-
0008-2463-4557

Yıldız Technical University, ELT Department, bvarol@yildiz.edu.tr 0000-0002-6345-6430

Abstract

Although there is an increasing interest in automated text analysis within second language writing research, there are comparatively few studies that have simultaneously investigated lexical diversity, syntactic complexity, and cohesion across different proficiency levels in EFL contexts. The aim of this study is to use computational text analysis to examine linguistic characteristics in the writing of English as a Foreign Language (EFL) students at various skill levels. In particular, the study concentrates on three main aspects of writing quality: textual cohesiveness, syntactic complexity, and lexical diversity. Writing samples from students in a university English preparatory program at the A2, B1, and B2 levels were examined. The learner corpus included 150 student essays, with 50 writing samples representing each proficiency level. A computational linguistic analysis tool that offers indices for lexical sophistication, syntactic structures, and discourse cohesion was used to assess the texts. To find out if there were any notable variations between proficiency levels, one-way Analysis of Variance (ANOVA) was employed. The research aims to offer a deeper insight into the ways linguistic characteristics differ by proficiency levels and to add to the collection of studies on the development of second language writing. The findings of this study provide empirical evidence regarding how linguistic aspects develop across proficiency levels in EFL writing as well as help identify which dimensions of writing indicate progression as learners improve in proficiency. In addition to offering pedagogical insights for writing teaching and evaluation in EFL situations, the results offer valuable contributions to the study of second language writing development.

Keywords: *Computational Text Analysis, L2 Writing, Lexical Diversity, Syntactic Complexity, Cohesion*

EXPLORING LEXICAL DIVERSITY, SYNTACTIC COMPLEXITY, AND COHESION IN EFL STUDENTS' WRITING: A PROFICIENCY-LEVEL COMPARISON

MA Student, English Language Teaching, Yıldız Technical University Mücahit YILMAZ/

Assoc. Prof. Burcu ÜNAL

İstanbul Gelişim University, Foreign Languages Department, mucahit.yilmaz@std.yildiz.edu.tr, 0009-0008-2463-4557

Yıldız Technical University, ELT Department, bvarol@yildiz.edu.tr 0000-0002-6345-6430

1.Introduction

As being one of the most demanding aspects of second language learning, writing, unlike spoken language, necessitates that learners carefully organize concepts, choose appropriate vocabulary, create grammatically correct sentences, and preserve coherence throughout a text. As it requires the simultaneous management of linguistic, rhetorical, and discourse-level elements, this process can be particularly difficult for English as a Foreign Language learners (Hyland, 2003).

The linguistic characteristics that impact writing quality have received more attention in second language writing research. Among these features, lexical diversity, syntactic complexity, and coherence have been widely explored as crucial indicators of written language development (Jarvis, 2013; Ortega, 2003). Lexical diversity relates to the range and variety of vocabulary used in a text, while syntactic complexity shows the structural sophistication of sentences. Conversely, cohesion describes the language strategies that link concepts inside a text and make it easier for readers to understand the author's point of view or message (Halliday & Hasan, 1976).

For theoretical and instructional purposes, it is crucial to comprehend how these language characteristics differ among skill levels. In theory, analyzing variations in skill levels can shed light on the evolution of writing in second languages. Writing teaching, assessment procedures, and learner support in EFL contexts can all be improved pedagogically by identifying the linguistic characteristics linked to various skill levels (Hyland, 2003; Ortega, 2003).

It is now feasible to analyze student writing's linguistic characteristics more methodically and impartially thanks to recent advancements in computer text analysis. Numerous indexes pertaining to discourse cohesiveness, grammatical structures, and lexical sophistication are available through tools like Coh-Metrix. According to Graesser et al. (2004) and McNamara et al. (2014), these techniques enable researchers to more effectively examine larger sets of texts and to spot linguistic trends that can be challenging to see through human analysis alone.

Relatively few studies have looked at lexical diversity, syntactic complexity, and coherence combined across various skill levels in EFL contexts, despite the growing interest in automated text analysis in second language writing research. Thus, the current study examines these three aspects in EFL students' writing at competency levels of A2, B1, and B2. The study intends to give empirical information regarding how linguistic elements vary across competence levels and to contribute to a deeper understanding of second language writing development by integrating computational text analysis with statistical comparison.

2. Literature Review

2.1. Lexical Diversity

In second language (L2) research, lexical diversity is commonly considered a significant indication of language proficiency and writing growth. It describes the breadth and diversity of vocabulary employed in a text

and shows how well a writer can use various lexical elements (Jarvis, 2013). In general, learners who have a larger vocabulary are better able to articulate their thoughts clearly and create more complex written works.

Lexical diversity and proficiency level have been shown to be closely related in earlier research. Learners typically employ a greater variety of lexical items and depend less on repetition as their exposure to the target language increases and their vocabulary grows (Crossley & McNamara, 2012). As a result, texts written by learners with greater proficiency frequently have more lexical diversity than texts written by learners with lower proficiency.

Lexical diversity research has grown more common in studies that use computational text analysis. Researchers have adopted more reliable indices like the Measure of Textual Lexical Diversity (MTLD) after traditional metrics like the Type-Token Ratio (TTR) were criticized for being sensitive to text length (McCarthy & Jarvis, 2010). Researchers may more accurately assess vocabulary variation across texts of varying lengths thanks to these metrics. Lexical diversity is regarded as a useful metric for analyzing variations in skill levels in EFL writing due to its significant correlation with language growth. It is therefore one of the main variables used in the current study to examine linguistic variation across A2, B1, and B2 learners.

2.2. Syntactic Complexity

One of the most significant aspects of the growth of writing in a second language is syntactic complexity. In general, it refers to the variety and complexity of grammatical structures employed in a text, encompassing elements like sentence length, clause embedding, subordination, and coordination (Ortega, 2003). Learners are expected to produce increasingly structurally complicated sentences and have greater control over grammatical resources as their linguistic proficiency increases.

Syntactic complexity and language proficiency are positively correlated, according to numerous studies. Higher-skilled language learners typically create texts with higher structural elaboration and grammatical sophistication, according to Ortega's (2003) thorough analysis of syntactic complexity studies. Similarly, advanced academic writing frequently demonstrates more sophisticated syntactic patterns, such as the usage of embedded clauses and prolonged phrasal formulations, according to Biber et al. (2011).

Syntactic complexity in learner writing may now be objectively examined thanks to the growing availability of computational text analysis techniques. Researchers can find developmental disparities between skill levels by using tools like Coh-Metrix, which offer a variety of indices pertaining to sentence structure, phrase density, and syntactic sophistication. These assessments provide insightful information about students' writing performance and grammatical progress.

Syntactic complexity is an important factor in evaluating EFL writing because of its strong correlation with language skill. In order to better understand how linguistic aspects differ among A2, B1, and B2 learners, the current study examines syntactic complexity in addition to lexical diversity and coherence.

2.3. Cohesion

A key component of good writing is coherence, which is crucial to the creation of texts that are both meaningful and understandable. Cohesion is the collection of linguistic strategies that establish links between ideas and phrases in a text, according to Halliday and Hasan (1976). These strategies, which support the overall coherence of discourse, include reference, conjunction, lexical repetition, substitution, and ellipsis.

Cohesion has often been linked to writing proficiency and quality in second language writing. Learners are typically able to create texts that are more logically related and build clearer linkages between concepts as their language proficiency increases. According to earlier research, skilled writers typically employ coherent devices more skillfully, producing texts that are simpler to read and comprehend.

Researchers may now more thoroughly investigate cohesiveness with the help of the advancement of computational text analysis technologies. Researchers can assess textual cohesion objectively thanks to Coh-Metrix's several indices for referential cohesion, semantic overlap, and connective use (Graesser et al., 2004). These metrics offer important insights into the evolution of discourse-level writing and assist in determining how well writers connect ideas across sentences and paragraphs.

Cohesion is a crucial aspect of writing ability because of its significance for textual order and readability. Thus, in order to investigate how these linguistic characteristics vary among A2, B1, and B2 EFL learners, the current study looks at coherence in addition to lexical diversity and syntactic complexity.

2.4. Computational Text Analysis in L2 Writing

Recent advancements in computer text analysis have substantially broadened the possibilities for examining second language (L2) writing. Conventional methods of writing evaluation frequently depend on human judgments, which can be laborious and inconsistent. On the other hand, by producing quantitative measurements of textual attributes, computational text analysis techniques allow academics to investigate linguistic properties methodically and impartially (Graesser et al., 2004).

Automated text analysis has been used in an increasing number of studies to examine language development in learner writing. These resources enable academics to effectively evaluate vast text collections by offering indices pertaining to language usage, grammatical structures, and discourse organization. According to Crossley et al. (2011), computational approaches are therefore becoming more and more useful for analyzing writing proficiency and identifying developmental patterns across various learner groups.

The ability of computational text analysis to concurrently provide extensive information about several aspects of writing is one of its main advantages. Within the same dataset, researchers can look at lexical, syntactic, and discourse-related aspects instead of just grammar or vocabulary. This multifaceted viewpoint advances a more thorough comprehension of language development and writing ability.

Because of these benefits, computational text analysis provides a useful method for examining linguistic variance in EFL writing. This method is used in the current study to investigate how lexical diversity, syntactic complexity, and coherence differ among A2, B1, and B2 learners at various skill levels.

2.5. Research Gap

The significance of lexical diversity, syntactic complexity, and cohesiveness in assessing writing proficiency in a second language has been shown by prior studies. Positive correlations between linguistic sophistication and language development have been shown in numerous research that have examined these dimensions separately. Additionally, the increasing use of computational text analysis has made it possible for scholars to investigate linguistic characteristics in various writing situations in a more methodical and impartial manner.

There are still a number of gaps in the body of current literature despite these developments. First, rather than looking at several linguistic aspects at once, many studies have mostly concentrated on one aspect of writing, such as vocabulary use or syntactic complexity. Second, comparatively few studies have examined lexical diversity, syntactic complexity, and coherence collectively across various skill levels, despite the fact that computational text analysis has grown in popularity in L2 writing research. Lastly, few studies have examined these connections in the context of Turkish EFL preparatory programs, where students are required to show gradual progression from A2 to B2 levels. The current study takes a multifaceted approach to filling these gaps by simultaneously analyzing lexical diversity, grammatical complexity, and cohesiveness in the writing of EFL learners at three competency levels. The study attempts to provide a more thorough knowledge of how linguistic

elements change across competence levels and contribute to the development of second language writing through statistical comparison and computational text analysis.

3. Method

3.1. Research Design

In order to examine lexical diversity, syntactic complexity, and cohesiveness in the writing of English as a Foreign Language (EFL) learners at various skill levels, this study used a quantitative comparative research approach. For analyzing quantifiable language characteristics and finding statistically significant group differences, quantitative research designs are very appropriate (Creswell & Creswell, 2018). Because it sought to investigate naturally occurring disparities among proficiency groups rather than alter any instructional variables, the study used a non-experimental, cross-sectional strategy (Mackey & Gass, 2022). The desired language dimensions were quantitatively measured using computational text analysis, and the linguistic traits of learners at various skill levels were compared using statistical techniques.

3.2. Context and Participants

The study was carried out in an English preparatory program at a Turkish university, where students are assigned competency levels based on the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR). 150 EFL students enrolled in the preparatory program made up the participants. The students were divided into three groups (A2, B1, and B2) according to their competence levels. With 50 pupils in each proficiency group, the dataset was balanced for comparison. The research of linguistic variance throughout several stages of language development was made possible by the selection of participants from a range of skill levels. It was possible to investigate how lexical diversity, syntactic complexity, and coherence vary as learners advance in their English language competency by comparing students at the A2, B1, and B2 levels.

3.3. Data Source

The dataset was made up of real student writing examples that were gathered from the training course. The learner corpus contained 150 essays in total, with 50 texts for each skill level. The writing examples were created as part of the program's routine teaching and evaluation procedures, guaranteeing that the texts represented learner language that occurred normally rather than language produced under experimental conditions.

The writing samples were scanned and arranged by proficiency level after data collection. Then, the texts were assembled into a learner corpus for examination. Because the corpus represented students' actual written language output in an educational setting, the utilization of real classroom writing samples improved the study's ecological validity.

3.4. Instruments

Learner Corpus

A learner corpus comprising 150 student essays served as the study's main data source. Writing samples from students at A2, B1, and B2 competence levels were included in the corpus. The texts provided the information required for computational text analysis and served as the foundation for analyzing linguistic diversity across various phases of second language development.

Computational Text Analysis

The learner corpus's lexical diversity, grammatical complexity, and cohesiveness were investigated using computational text analysis tools. By producing quantitative indices pertaining to vocabulary usage, sentence structure, and discourse organization, these tools enable researchers to methodically examine linguistic features (Graesser et al., 2004). Because automated text analysis reduces subjectivity in linguistic analysis and allows for

the rapid study of vast collections of learner texts, it has becoming more and more popular in second language writing research (McNamara et al., 2014). The three target dimensions of writing were represented by numerical measurements produced by the analytical framework used in this study. These assessments were then utilized to compare language traits among proficiency groups and pinpoint learner developmental disparities.

The chosen linguistic parameters were examined using three computational text analysis methods. Lexical diversity was analyzed using TAALES, syntactic complexity was measured using TAASSC, and cohesion indices were computed using TAACO. Quantitative language measurements were produced by these tools and then imported into IBM SPSS Statistics for statistical analysis.

For additional analysis, the indices produced by TAALES, TAASSC, and TAACO were imported into IBM SPSS Statistics. The A2, B1, and B2 proficiency groups were compared using one-way ANOVA after descriptive statistics were computed. Games-Howell post hoc comparisons were performed when the assumption of homogeneity of variances was broken; otherwise, Tukey's HSD test was employed.

3.5. Data Analysis

The retrieved indices were moved to SPSS for statistical analysis after computational processing. To describe the linguistic traits of each proficiency group, descriptive statistics were first computed. In order to ascertain whether there were any notable variations between A2, B1, and B2 learners in terms of lexical diversity, syntactic complexity, and coherence, one-way Analysis of Variance (ANOVA) was then performed.

Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test was used in post-hoc comparisons to identify which proficiency groups varied from one another when statistically significant differences were found. Because ANOVA is a suitable statistical technique for comparing mean scores across three different groups, it was used (Field, 2018). When combined, these indices provide a methodical way to investigate the connection between the chosen linguistic aspects and language competency.

4. Preliminary Findings and Discussion

Preliminary analysis of the learner corpus and results from earlier studies indicate significant variations among competence levels in terms of lexical diversity, syntactic complexity, and coherence, even if the full statistical analysis is still under progress. Research on second language writing has consistently linked these linguistic characteristics to language development (Crossley & McNamara, 2012; Ortega, 2003). Using a similar viewpoint, the current study investigates how these dimensions might differ among A2, B1, and B2 learners.

4.1. Lexical Diversity

According to preliminary findings, lexical diversity tends to rise as students advance across skill levels. More skilled students typically have a larger vocabulary and exhibit more lexical flexibility. According to earlier studies, proficient writers employ a greater variety of lexical words and rely less on repetition than learners with lesser proficiency (Crossley & McNamara, 2012; Jarvis, 2013). Consequently, it makes sense to anticipate that learners at higher competence levels in the current corpus will exhibit more lexical variance than learners at lower competency levels.

4.2. Syntactic Complexity

Language proficiency also seems to be related to syntactic complexity. According to studies (Ortega, 2003; Biber et al., 2011), advanced learners typically write longer and structurally more complex sentences with a higher usage of embedded structures and subordination. Similar developmental tendencies are suggested by a preliminary analysis of the learner texts. Learners seem to have more control over grammatical structures as skill rises, leading to more sophisticated written output.

4.3. Cohesion

Another crucial aspect of writing development is cohesiveness. According to research, skilled writers are typically better at maintaining textual continuity and creating meaningful links between ideas (Halliday & Hasan, 1976; Graesser et al., 2004). Higher-level learners may use cohesive devices more successfully, creating writings that are simpler to read and more logically structured, according to preliminary observations. These trends align with earlier findings from studies on writing in second languages.

Overall, the initial results lend credence to the idea that advances in lexical diversity, syntactic complexity, and coherence are indicative of linguistic progress in EFL writing. A more thorough assessment of these connections and a determination of the statistical significance of the observed variations between proficiency groups will be provided by the final statistical analysis.

4. Results

4.1 Lexical Diversity

4.1.1 Word Frequency

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Word Frequency** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was met, $F(2, 147) = 0.318, p = .728$. The ANOVA revealed no statistically significant differences in Word Frequency among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 0.790, p = .456$. Consequently, Tukey's HSD post hoc test showed no significant pairwise differences between A2, B1, and B2 (all $p > .05$). These findings indicate that proficiency level did not have a significant effect on the Word Frequency values observed in the participants' writing samples.

4.1.2 Concreteness

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Concreteness** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was met, $F(2, 147) = 0.142, p = .868$. The ANOVA revealed no statistically significant differences in Concreteness among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 0.008, p = .992$. Accordingly, Tukey's HSD post hoc test indicated no significant pairwise differences between any of the proficiency groups (all $p > .05$). These findings suggest that proficiency level did not have a significant effect on the concreteness of the words used in the participants' writing samples.

Overall, the findings for lexical diversity indicated that neither Word Frequency nor Concreteness differed significantly across the three proficiency levels. These findings suggest that the lexical features examined in this study remained relatively stable regardless of learners' proficiency level.

4.2 Syntactic Complexity

4.2.1 Mean Sentence Length

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Mean Sentence Length** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated, $F(2, 147) = 3.918, p = .022$. Therefore, Games-Howell post hoc comparisons were performed. The ANOVA revealed a statistically significant difference among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 3.080, p = .049$. However, the Games-Howell post hoc comparisons indicated that none of the pairwise differences reached statistical significance (all $p > .05$), although the comparison between A2 and B1 approached statistical significance ($p = .057$).

4.2.2 Clause per Sentence

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Clauses per Sentence** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated, $F(2, 147) = 5.311, p = .006$. Therefore, Games-Howell post hoc comparisons were performed. The ANOVA revealed a statistically significant effect of proficiency level on Clauses per Sentence, $F(2, 147) = 5.428, p = .005$. The Games-Howell post hoc comparisons indicated that A2 learners produced significantly more clauses per sentence than both B1 learners ($p = .023$) and B2 learners ($p = .028$). No statistically significant difference was found between B1 and B2 learners ($p = .957$).

4.2.3 Complex Nominals

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Complex Nominals** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated, $F(2, 147) = 6.182, p = .003$. Therefore, Games-Howell post hoc comparisons were performed. The ANOVA revealed a statistically significant difference among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 41.951, p < .001$. The Games-Howell post hoc comparisons indicated that B2 learners produced significantly more Complex Nominals than both A2 and B1 learners (both $p < .001$), whereas no statistically significant difference was found between A2 and B1 learners ($p = .552$).

Overall, the findings indicated that syntactic complexity differed across the three proficiency levels. Although Mean Sentence Length yielded a statistically significant overall ANOVA result, the Games-Howell post hoc comparisons did not reveal statistically significant pairwise differences. In contrast, Clauses per Sentence was significantly higher in the A2 group than in both the B1 and B2 groups, whereas Complex Nominals exhibited a clear developmental pattern, with B2 learners producing significantly more Complex Nominals than both A2 and B1 learners.

4.3 Cohesion

4.3.1 Lexical Overlap

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Lexical Overlap** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated, $F(2, 147) = 37.243, p < .001$. Therefore, Games-Howell post hoc comparisons were performed. The ANOVA revealed a statistically significant difference among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 45.063, p < .001$. The Games-Howell post hoc comparisons indicated that the A2 group obtained significantly higher lexical overlap scores than both the B1 group ($p < .001$) and the B2 group ($p < .001$), whereas no statistically significant difference was found between the B1 and B2 groups ($p = .956$). These findings indicate that lower-proficiency learners relied more heavily on repeating lexical items across adjacent sentences, whereas learners at the B1 and B2 levels exhibited lower lexical overlap, suggesting reduced dependence on lexical repetition.

4.3.2 Referential Cohesion

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Referential Cohesion** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). The ANOVA revealed a statistically significant difference among the three proficiency groups, $F(2, 147) = 27.67, p < .001$. Descriptive statistics indicated that the A2 group obtained the highest referential cohesion scores ($M = 0.213$), followed by the B1 ($M = 0.118$) and B2 ($M = 0.079$) groups. Since Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated ($p < .001$), Games-Howell post hoc comparisons were performed. The Games-Howell post hoc comparisons indicated that the A2

group differed significantly from both the B1 and B2 groups, whereas no statistically significant difference was found between the B1 and B2 groups.

4.3.3 Connectiveness

A one-way ANOVA was conducted to examine whether **Connectiveness** differed across the three proficiency levels (A2, B1, and B2). The ANOVA revealed no statistically significant effect of proficiency level on Connectiveness, $F(2, 147) = 1.721, p = .182$. Descriptive statistics indicated that the B1 group obtained the highest mean score ($M = 0.073$), followed by the B2 ($M = 0.068$) and A2 ($M = 0.064$) groups. Although Levene's test indicated that the assumption of homogeneity of variances was violated ($p = .037$), Games-Howell post hoc comparisons revealed no statistically significant pairwise differences among the three proficiency groups (all $p > .05$). These findings suggest that the use of connectives remained relatively stable across the three proficiency levels.

In summary, the findings showed that proficiency level significantly influenced lexical overlap and referential cohesion, but not Connectiveness. Specifically, the A2 group demonstrated significantly higher lexical overlap and referential cohesion scores than the B1 and B2 groups, whereas Connectiveness remained relatively stable across the three proficiency levels.

5. Discussion

5.1 Lexical Diversity

By examining Word Frequency and Concreteness, the current study investigated whether lexical diversity varied among the three skill levels. The results showed that there was no significant difference in either index between the A2, B1, and B2 groups. This implies that the lexical characteristics looked at in this study stayed mostly consistent across skill levels.

Word frequency and concreteness may not be sensitive enough to seek and find developmental changes in learners' lexical proficiency, which could account for these results. Learners at different skill levels may nevertheless rely on terms with comparable frequency and concreteness characteristics, especially when completing classroom writing assignments tailored to their respective CEFR levels, even though vocabulary knowledge normally grows as language proficiency increases. Consequently, the tasks' lexical demands might have lessened possible disparities between the groups.

These results partially contradict other research (e.g., Crossley & McNamara, 2012; Jarvis, 2013) that found more successful learners had higher lexical sophistication. The disparity, however, might be connected to variations in the lexical indexes that were looked at. The current study concentrated on Word Frequency and Concreteness, whereas many earlier studies used metrics like MTLTD or other diversity-based indexes. Therefore, the lack of significant differences shows that these specific lexical traits were reasonably stable among the competency groups included in this study rather than necessarily indicating equal overall lexical ability.

5.2 Syntactic Complexity

Although the patterns varied according on the syntactic index analyzed, the findings displayed that syntactic complexity varied throughout the three competency levels. The Games-Howell post hoc tests did not show statistically significant pairwise differences, despite Mean Sentence Length generating a significant overall ANOVA result. While Complex Nominals showed a distinct developmental pattern, with B2 learners creating much more complex nominals than the other two competence groups, Clauses per Sentence was significantly greater in the A2 group than in the B1 and B2 groups.

According to earlier studies (Biber et al., 2011; Ortega, 2003), advanced learners progressively move from depending on clausal elaboration to employing greater phrasal complexity in their writing, which is consistent

with the notable increase in the usage of complex nominals among B2 learners. Therefore, higher-proficiency learners' increased use of complex nominal constructions may be a reflection of their improved grammatical sophistication and more academic writing style.

The A2 group produced noticeably more clauses per sentence than the B1 and B2 groups, which was an unexpected discovery. Rather than creating syntactically condensed structures, lower-proficiency learners would have relied on chaining together several independent or loosely related phrases. More skilled students, on the other hand, might have used more compact phrasal constructs to convey equivalent notions, especially by using more complicated nominals. This perspective aligns with research indicating that writing development is marked by a steady shift toward increasing phrasal sophistication in addition to longer or more numerous sentences (Biber et al., 2011).

These results collectively imply that syntactic development is multifaceted. A single measure of syntactic complexity cannot adequately capture proficiency-related changes since distinct syntactic indices may represent different facets of language development.

5.3 Cohesion

The results indicated that some characteristics of coherence were influenced by proficiency level, but not others. In particular, Lexical Overlap and Referential Cohesion showed notable variations, but Connectiveness stayed mostly consistent throughout the three proficiency levels. It's interesting to note that the A2 group outperformed the B1 and B2 groups in both Lexical Overlap and Referential Cohesion.

These results could be explained by the fact that learners with lower skill levels relied more on lexical repetition to keep the text coherent. Despite having little lexical resources, coherence may have been maintained by using the same lexical items in neighboring phrases. Learners seemed to rely less on direct lexical repetition as their skill rose, perhaps because their growing vocabulary allowed them to communicate ideas using a greater variety of lexical alternatives.

It is possible that the usage of connective devices does not evolve linearly throughout proficiency levels, as showed by the lack of substantial differences in connectiveness. One reason could be that students at all three competency levels already knew the fundamental connective forms needed for writing assignments in the classroom. As a result, even while students improved in other linguistic domains, the general frequency of connective use stayed largely constant.

These results are generally in line with earlier studies showing that cohesiveness is a multifaceted concept and that various cohesion indices represent various facets of discourse organization (Graesser et al., 2004; Crossley & McNamara, 2012). Connective use did not follow the same developmental trend as lexical repetition, which declined as proficiency rose. This shows that increases in writing ability might be more evident in lexical coherence and discourse organization than in the frequency of connective use alone.

6. Conclusion

This study studied the cohesiveness, grammatical complexity, and lexical diversity of EFL students' writing at three different proficiency levels (A2, B1, and B2). The study examined how specific linguistic characteristics differed among skill levels using a corpus of student essays and computational text analysis. The study aimed to provide a more thorough understanding of proficiency-related variation in EFL writing by looking at several aspects of writing at once.

The literature study emphasized the significance of coherence, grammatical complexity, and lexical diversity as important aspects of writing progress. Enhancing language skill is typically linked to more sophisticated lexical structures, sophisticated syntactic structures, and more efficient discourse organization, according to prior studies.

The current study examined these linguistic aspects in the framework of an English preparatory program at a Turkish institution, building on the body of previous research.

The results showed that proficiency level had varying degrees of influence on the chosen language variables. Clauses per Sentence, Complex Nominals, Lexical Overlap, and Referential Cohesion showed significant changes across competence levels, whereas Word Frequency, Concreteness, and Connectiveness did not. Specifically, the findings showed that various linguistic indices represented distinct facets of writing development, suggesting that a single linguistic characteristic is insufficient to explain proficiency-related heterogeneity. These results offer more proof that writing development is multifaceted and that various linguistic metrics reflect various phases of language acquisition.

Moreover, the results show how useful computational text analysis is for studying writing in second languages. In addition to giving specific linguistic information that would be hard to gather through manual analysis alone, automated analysis allowed for the methodical and objective study of a vast collection of learner texts. Computational techniques provide important opportunities for examining language development and writing skill in educational environments as they continue to gain popularity in applied linguistics.

The study's conclusions might also have significant educational ramifications. Teachers may be able to better understand students' writing progress and create more effective teaching strategies by identifying the linguistic traits linked to various skill levels. The results may also help with curriculum building, writing evaluation, and the choice of educational activities that support language development at various competence levels.

The study includes a number of shortcomings in spite of these contributions. First, the results may not be as broadly applicable as they may be because the data came from a single university English preparatory program. Furthermore, in order to preserve ecological validity and replicate real-world classroom methods, various writing assignments were used across skill levels. In order to provide a more complete picture of the evolution of second language writing, future research may broaden the study's scope by looking at bigger student corpora from various educational environments and by adding more linguistic indices.

In conclusion, this study adds to the increasing amount of research using computational text analysis to explore writing in second languages. It offers more insight into the linguistic features of EFL learners' writing and emphasizes the multifaceted nature of writing growth by concurrently analyzing lexical diversity, syntactic complexity, and cohesiveness across several proficiency levels.

References

- Biber, D., Gray, B., & Poonpon, K. (2011). Should we use characteristics of conversation to measure grammatical complexity in L2 writing development? *TESOL Quarterly*, 45(1), 5–35. <https://doi.org/10.5054/tq.2011.244483>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
- Crossley, S. A., & McNamara, D. S. (2012). Predicting second language writing proficiency: The roles of cohesion and linguistic sophistication. *Journal of Research in Reading*, 35(2), 115–135. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2010.01449.x>
- Crossley, S. A., Salsbury, T., & McNamara, D. S. (2011). Predicting the proficiency level of language learners using lexical indices. *Language Testing*, 29(2), 243–263. <https://doi.org/10.1177/0265532211419331>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage.
- Graesser, A. C., McNamara, D. S., Louwerse, M. M., & Cai, Z. (2004). Coh-Metrix: Analysis of text on cohesion and language. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(2), 193–202. <https://doi.org/10.3758/BF03195564>
- Halliday, M. A. K., & Hasan, R. (1976). *Cohesion in English*. Longman.
- Hyland, K. (2003). *Second language writing*. Cambridge University Press.
- Jarvis, S. (2013). Defining and measuring lexical diversity. In C. A. Chapelle (Ed.), *The encyclopedia of applied linguistics* (pp. 1–7). Wiley-Blackwell.
- Mackey, A., & Gass, S. M. (2022). *Second language research: Methodology and design* (3rd ed.). Routledge.
- McCarthy, P. M., & Jarvis, S. (2010). MTLT, vocd-D, and HD-D: A validation study of sophisticated approaches to lexical diversity assessment. *Behavior Research Methods*, 42(2), 381–392. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.2.381>
- McNamara, D. S., Graesser, A. C., McCarthy, P. M., & Cai, Z. (2014). *Automated evaluation of text and discourse with Coh-Metrix*. Cambridge University Press.
- Ortega, L. (2003). Syntactic complexity measures and their relationship to L2 proficiency: A research synthesis of college-level L2 writing. *Applied Linguistics*, 24(4), 492–518. <https://doi.org/10.1093/applin/24.4.492>

ƏBÜLFƏZ MUXTAROĞLU YARADICILIĞINDA BƏDİİ SÖZÜN ESTETİK GÜCÜ**KAMAL CAMALOV****Pedaqogika elmlər doktoru,****Naxçıvan Müəllimlər İnstitutunun professoru, Azərbaycan Respublikasının Əməkdar müəllimi**
“Qızıl Qələm” mükafatı laureatı, E-mail: kamal.camalov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1977-7250>**Açar sözlər:** Əbülfəz Muxtarov; ömürdən qalan izlər; təbiət; estetik gözəllik; müdriklik**Keywords:** Abulfaz Mukhtaroglu; traces of life; nature; aesthetic beauty; wisdom

Mənəviyyat insanın mənəvi şüuru ilə mənəvi davranışı arasında möhkəm əqidə yaradan, onları tənzimləyən, hərəkətə gətirən, idarə edən daxili mənəvi tələbatıdır, insanın həyatda yerinə yetirməyə cəhd etdiyi idealın həqiqətə çevrilməsinə dərin inam, möhkəm baxışlar sistemidir. Əqidəli adam prinsipial, sadə, təvazökar və humanist olur. Belə prinsipial, sadə, təvazökar və humanist insanlardan biri də mənə ali təhsil ocağında müəllim, alim, şair və bu gün də əziz dostum Əbülfəz Muxtarovdur.

Ədəbiyyatın, incəsənətin, xüsusilə poeziyanın vurğunu, alim, şair-pedaqog Əbülfəz Muxtarov mənəvi ömrünü gənc nəslin təlim-təbiyəsində, Azərbaycan dilçiliyinin tədrisində həsr etmiş, çoxlu elmi məqalə, monoqrafiya, dərs vəsaiti və ümumilikdə doqquz (9) kitabı işıq üzü görmüşdür. Əbülfəz müəllim ali məktəb müəllimi, təhsil işçisi kimi elmi əsərlərində də təbiyə məsələlərinə daha çox yer vermişdir.

Müasir ədəbiyyatımızın görkəmli tədqiqatçı alimləri akademik İsa Həbibbəyli, Kamran Əliyev, Cəlal Qasimov, Sevdik Vəliyev, Akif Axundov, Məhərrəm Cəfərov, Nəzakət İsmayılova, Abbas Hacıyev və b. Əbülfəz Muxtarovun yaradıcılığı barədə çox dəyərli fikirlər söyləmiş, elmi-tənqidi araşdırmalar aparmışlar. Lakin Əbülfəz müəllimin yaradıcılığı elə zəngin mənəvi sərvətdir ki, o, daim tədqiq olunmağa layiqdir və mənəvi ehtiyac vardır. Çünki Əbülfəz müəllimin çox zəngin şeir dünyası hər saat, hər gün çağlayır, yeniləşir, dolğunlaşır, fəlsəfi-estetik məzmun kəsb edir. Şair yazıb-yaratmaq eşqiylə yaşayır, ömrünün mənəvi dəyərlərini günümüzün söz inciləri axtarışına həsr edir. Yeni misra qoşmaq, cəlləməq istəyi yuxusuna haram qatır. Əbülfəz müəllimin şeirlərində qeyd etdiyimiz kimi, estetik və əxlaqi-təbiyəvi mahiyyət vəhdətdədir. Şeirlərinin bədii və təbiyəvi təsiri oxucusunu ovsunlayır, düşündürür, ona yüksək əxlaqi sifətlər aşılayır.

Əbülfəz Muxtarovun son dəfə oxucularının görüşünə “Ömürdən qalan izlər” adlı şeirlər kitabı ilə gəlmişdi (Bakı: “Elm və təhsil” nəşriyyatı, 2018, 576 səh.). Kitabı vərəqləyib “Azərbaycan”, “Naxçıvan”, “Soruşdumu?”, “Millət imtana çağırır səni”, “İzimiz bizim”, “Ata arzusu”, “El arana qayıdanda”, “Qeyrət”, “Dünya”, “Haray”, “Cəngi” vaxtıdır”, “Şikayətim var”, “Hayıfı” və s. şeirləri oxuduqca görürük ki, Əbülfəz Muxtarovun yaradıcılıq diapazonunu şəxsiyyətin mənəvi zənginliyi, vətən-yurd sevgisi, övlad sevgisi, saf sevgi, mənəvi saflıq, estetik hiss və zövq, mərifət, təvazökarlıq, mərdlik, dostluğa sadıqlıq kimi əxlaqi-mənəvi dəyərlər, həmçinin, düşmənə nifrət, lovgalıq, yüngüllük, paxıllıq, vəfasızlıq, xəbislik kimi mənfi xüsusiyyətlərə qəzəb, nifrət hissi də təşkil edir.

Əbülfəz Muxtarov xüsusi pedaqoji əsər yazmamışdır, lakin onun istər fəlsəfi şeirlərində, istərsə də bədii təfəkkürünün heyvətamiz nümunələrində haqqında danışdığımız məsələlər geniş yer tutur. Şairin yaradıcılığını dərinlən təhlil edən akademik İsa Həbibbəyli haqlı şəkildə belə qənaətə gəlmişdir ki, “Əbülfəz Muxtarovun şeirlərində maarifçilikdən gələn müəyyən didaktika da var... Əbülfəz müəllimin maarifçi didaktik şeirlərinə quru nəsihətçilik notları yox, poetik bir müdriklik ruhu hakimdir” (Bax: səh.12). Fikrimizi möhkəmləndirmək üçün Əbülfəz Muxtarovun maarifçilik, əxlaqi dəyərlər haqqında fikirlərinin şərhinə keçək.

Əbülfəz Muxtaroglunun əxlaqi görüşlərində vətənpərvərlik hisslərinin inkişaf etdirilməsinin zəruriliyi diqqət mərkəzində dayanır. O, vətənpərvərlik və xalqpərvərlik uğrunda malından, canından keçməyi əsirgəməyən, vətəninə və xalqının mənafeyi və azadlığı uğrunda çalışan və hər cür əzab-əziyyətə qatlaşan şəxsləri patriot (vətənpərvər) adlandırır.

Bir qulaq ver ana Vətən,
Ürəyimdən gələn səsə...
Yeri gəlsə keçərəm mən
Hər arzumdan, diləyimdən.
Əgər qanım azlıq etsə,
Qan verərəm ürəyimdən.
Yaşayaram bu ürəklə
Sağında mən, solunda mən.
Yeri gəlsə, yolunda mən
Bu ürəkdən keçmək üçün [1, 18].

Doğma torpağın ecazkar, füsunkar gözəlliyindən vəcdə gələn şair gəncliyi vətəni sevməyə, vətənpərvərlik nümunəsi göstərməyə, doğma torpağın maddi və mənəvi sərvətlərini qorumağa səsləyir. Şair deklarativ şəkildə “Vətəni sevin!” demir, lakin “Vətənin qumsal, boz torpağı da güllü çəməndir”, “daşı da Vətənimdir” deməklə doğma torpağın müqəddəsliyini, toxunulmazlığını, böyüklüyünü orijinal misralarla dərk etdirir, hafizələrə hopdurur. Vətənpərvərlik, əməyə, torpağa və xalqa bağlılıq, mənəvi kamillik, bəşərlik və humanizm motivləri şairin yaradıcılığının qabarıq məziyyətlərini təşkil edir.

Gözümü açandan vurğun olmuşam
Dərənə, düzünə, daşına sənin.
Pərvanə olsaydım, səni şam bilib
Dönüb dolanardım başına sənin.

Dahilər yetirən ey şanlı torpaq,
Sənət bulağının gözü səndədir.
Ana məhəbbəti – “Möminə Xatun” –
Memar Əcəminin izi səndədir [1, 71].

Vətəndaşlıq – vətənə sakinlik etmək deməkdir. “Əsil vətəndaş” dərin fəlsəfi mənalara daşısa da, yeniyetmələrin, gənclərin dərk edə biləcəyi, həyat idealına çevirəcəyi bir anlayışdır. Bütün dinlərdə və səmavi kitablarda vətən kəlməsi tez-tez səslənir, onu əziz və müqəddəs tutmağın zəruri olması göstərilir. Dünyanı və insanlığı dərinlən və hərtərəfli dərk edənlər və gələcəyi görənlər peyğəmbərlərdir. İlahiyyətşünaslıqda, o cümlədən islamşünaslıqda doğulub boya-başa çatılan yerə, yəni vətənə məhəbbət və onu qorumağın müqəddəsliyi qeyd olunur və göstərilir: uşağa doğma olan iki şey var: onun biri anadırsa, ikincisi vətəndir. 30-35 il bundan qabaqkı Azərbaycan ailələrində aparılan tərbiyə işində əsas yeri millilik, özünüdərk, milli vətənpərvərlik deyil, beynəlmilətçilik təşkil edirdi. Bu işin nəticəsi bizə çox baha başa gəldi, nəticədə erməni təbliğatı çoxlarını

çaşdırdı, ona inananlar da tapıldı, türk soyumuzla fəxr etmək kimi mənəvi borcumuzu az qalmışdıq ki, unudaq. Və bütün bunlar da ermənilərin Qarabağı əlimizdən qoparmaq iştəhasını reallaşdırmaqda və Qarabağ müharibəsində bizim tam əleyhimizə işləmiş oldu.

Azərbaycan ailələrində yeniyetmələrlə, gənclərlə söhbətlərdə tariximizdən danışmaq məqsədəuyğun bilinmirdi. Unutqanlıq “əxlaqi” keyfiyyət hesab olunurdu. Elə bu mənada da Əbülfəz Muxtaroglu yaradıcılığının əsas cəhətlərini bu istiqamətə yönəldir və vətənpərvərlik ruhunda şeirlərilə xalqı mübarizəyə səsləyərək deyir ki, Azərbaycan torpağı hər birimizin son kəfəni olmalıdır. Əbülfəz Muxtaroglu Azərbaycanı düçar edildiyi bəlalardan qorumaq, xilas etmək və yaşatmaq üçün hamıdan qabaq Azərbaycanın özünü var gücü ilə “cəngi” etməyə, döyüşə çağırır. Qisas alınmalıdır. Özü də necə?! Azərbaycan övladları bir nəfər kimi silaha sarılacaq, hücum keçəcək, erməniləri öz ərazimizdən təmizləyəcək və beləliklə, 26 fevral Xocalı faciəsində şəhid gedənlərin qanını alacaqlar. Hələ 1990-cı ildə qələmə aldığı doqquz bənddən ibarət olan “Cəngi” adlı şeirində şair hiddətini, qəzəbini belə ifadə edirdi:

Başımıza nə gəlmədi “sarı”dan,
Qovduq darvazadan, aşdı barıdan.
Yalvarmaqla donuz çıxmaz darıdan,
Götür qardaş, gəl tufəngi vaxtıdır,
“Cəngi” çalın, bu gün “Cəngi” vaxtıdır.

Düşmənləri tanıyır haçandır,
Ermənilər qan gördümü qaçandır.
Gəlin kəsək bu xərçəngi, vaxtıdır,
“Cəngi” çalın, bu gün “Cəngi” vaxtıdır.

Xocalının intiqamın almasaq,
Bağışlamaz bizi bu daş, bu torpaq.
İynə batırana biz batırmasaq,
Avazımağ yağ rəngi, vaxtıdır,
“Cəngi” çalın, bu gün “Cəngi” vaxtıdır.

Haray salın bütün kəndə, şəhərə,
Bircə yol var, qələbəyə, zəfərə.
Mərd ərənlər süvar olsun yəhərə,
Qırılmasın qoy üzəngi, vaxtıdır!
“Cəngi” çalın, bu gün “Cəngi” vaxtıdır [1, 106-107].

Göründüyü kimi, şair Əbülfəz Muxtaroglu milli köklərdən, ənənələrdən qüvvət və cəsarət əldə edərək yeni-yeni cığırılar salır.

Əbülfəz Muxtaroğlunun şeirlərinin şah damarı qoynunda boya-başa çatdığı təbiətdir. Təbiət lövhələrinə həsr olunan şeirlərini oxuduqca düşünürsən ki, əgər şair qəlbindən qopan hər bir misra, hər bir bənd, hər bir söz oxucunu torpağa, təbiətin seyrinə çəkə bilirsə, saflığa, duruluğa qaytarmağı bacarırsa, bu sənətkar ömrünün ən uca mükafatıdır.

Bürüyüb dərəni, tərəni, düzü,
Ürəklər oxşayan ətri güllərin,
Qızların örtüyü şala bənzəyir,
Kənardan baxanda çətri güllərin.

O göz qamaşdıran bulaq daşları,
Sanmısam ən parlaq daş-qaşlarıdır.
Durnagöz bulaqlar qarlı dağların
Sevincdən tökdüyü göz yaşlarıdır.

Gah çoban olmuşam, tütək çalmışam,
Dinləmiş çəmənlər, çiçəklər məni.
Gecələr ulduzlar laylay deyibdir,
Səhərlər oyadıb küləklər məni [1, 60].

Saf, sağlam duyğulu şairin misra-misra, bənd-bənd açıqladığı “Tanrıyla söhbət”ini eşidib, anlayanlar da elə Tanrısına tapınan duyğulu insanlar olmalıdırlar – zənnindəyik. Elə buna görə də hər bir şeirini oxuyarkən, elə bil, şairin ürək çırpıntılarını eşidirsən, qeybdən gələn bir səslə qulaq-qulağa dayanırsan, bu mülayim səsin bəzən küskün, bəzən inamlı, bəzən sakit, bəzən coşğun axarında bir-birindən oynaq, bir-birindən zərif, bir-birindən mənalı söz sənəti gözəlliklərinə qərq olursan. İncə lirizm, axıcılıq, ürəkdən, candan yaşanan səmimi duyğulardan qopan həyatilik, təbiilik şeirləri oxucuya elə doğmalaşdırır ki, dönə-dönə oxuyub, hər birini öz duyğularında yaşatmağa başlayırsan – insana sevgi, yaşantıya ehtiram, taleyə şəriklik yangısı kimi. Çünki bu şeirlər xalq yaradıcılığı ənənələrindən, şair ruhu, xalq ruhundan qidalanır.

Pozulubdur təbiətin naxışı,
Kədərli qayaların baxışı.
Ağı dedi bulaqların axışı,
Yerimdən oynatdı məni, ay Allah!
Bu dağlar ağlatdı məni, ay Allah!

Yaxud:

Qonaq görməz əziz qonaq görmədi,
Qız-gəlinlər əvəliyin hörmədi.
Nəmi qurub, südü qaymaq sərmədi,

Kim belə alçaltdı məni, ay Allah!
Bu dağlar ağlatdı məni, ay Allah!

Yaxud da:

Tanrı, məni salma düşmən girinə,
Mehriban et xalqımı bir-birinə!
Qurbanım var ulu Qırxlar pirinə,
Bu arzuma çatdır məni, ay Allah!
Bu dağlar ağlatdı məni, ay Allah! [1, 77]

– deyən şair sevgi dünyasının istili-bürkülü, buzlu-şaxtalı aləminə baş vurur, nikbin arzularıyla bir xoş tale, qismət axtarır. Elə buna görə də kitabdakı şeirlər rəngarəngdir, əlvandır. Müəllifin özünəməxsus deyim tərz, yığcam, oynaq ifadə üsulu, hiss və duyğuların poetik təənnümündəki obrazlılıq onu oxucusuna sevdırir. Həm də ona görə ki, lirik təənnümdən yoğrulmuş bu şeirlərin qəhrəmanı sevincini, kədərini, həsrətini, nisgilini mərdliklə yaşayan ülvə bir insandır.

Əbülfəz Muxtaroglunun şeirlərində bəzən uzun müddət torpaq qoxusundan, əkindən, biçindən, dağdan-daşdan, təbiətdən uzaq düşən, onun xiffətini çəkən, onun həsrətini yaşayan bir şair də görürük. Gözəl yaylaqları, təmiz havalı və şirin çeşməli yurdu və məkanı, könülaçan və ruhtəzələyən xoş hava və şəfalı yerləri özləmişdir. Şair ümid edir ki, uşaqlıq və gənclik illərini birlikdə keçirdiyi dostları, həmçinin, Şahbuzun hər bir dağı, dərəsi, al yamacı, çayı, gölü, laləsi, nərgizi, bənövşəsi, kəkliyi, turacı, yaşılbaş sonaları da onu özləyir. Şair həsrət dolu anılarını poetik dillə yurdundan gələn bir oğlandan belə xəbər alır:

Batabatdan gələn oğlan,
Göz yaşımı silən oğlan,
El dərini bilən oğlan,
Ellər məni soruşdumu?

Təzələyib donun meşə?
İnanmıram yolum düşə.
Lalə, nərgiz, tər bənövşə -
Güllər məni soruşdumu?

Gözəllikdir suda quşlar,
Oda tutar qəlbi daşlar.
Qanadlandı yaşılbaşlar,
Göllər məni soruşdumu?

Ot çalımı başlar haçan?

Göz oxşayan, könül açan,
Kərənti ağzından qaçan,
Güllər məni soruşdumu?

Abdulla dedi nəyindən?
Yarasının göynəyindən.
Saz çıxanda köynəyindən,
Tellər məni soruşdumu [1, 26].

Əbülfəz Muxtaroglu öz təbirincə desək gül balaların da şairdən küsməmələri üçün uşaq şeirləri yazmışdır. Uşaqlar üçün də yazılan şeirlər cəlbedici və öyrədicidir. Əbülfəz Muxtaroglunun uşaq şeirlərini iki qrupa və ya daha artıq qrupa ayırmaq olar: Təbiətə sevgi, insana sevgi, milli-mənəvi dəyərlərə sevgi və s. “Gözəl bir fəsildi qış”, “Niyə soyuq dəyməyir”, “Bahar gəldi” və s. adlı şeirlərdə şair gül balalara hər bir fəslin biri-birindən gözəlliyini və özəlliyini tərənnüm edir. Budur, balaca Dilbər babasına qışı sevmədiyini bildirir. Bu fəsildən giley-güzarı da olduqca çoxdur: Qışda qar yağır, yağış yağır, günlər qısa olur, günəş tez çıxır, tez batır, uşaqlar tez yatır, soyuqdan əli üşüyür, buz üstünə çıxanda sürüşüb yıxılır, quşlar da üşüyür, yemək tapa bilmirlər və s. Babası balaca nəvəsini gülə-gülə dinlədikdən sonra sadə deyim tərzilə qışın gözəlliyini belə təsvir edir:

Qışda çox yağmasa qar,
Bax, quruyar budaqlar.
Quruyar axan çay da
Məhsul bol olmaz yayda!
Qar torpağın canıdır,
Ən isti yorğanıdır,
Qışda çox yağmasa qar,
Məhsul verməz tarlalar.
Qarğaya, sərçəyə sən
Hər gün dənmə verməlisən.
Sənin kimi uşaqlar
Gərək qoymasın onlar
Korluq çəksin acından.
Heç çıxarma yadından.
Çox yağsa da qar, yağış,
Gözəl bir fəsildi qış [1, 167].

Fikrimizcə, uşaqlar üçün şeir yazmaq heç də asan deyil. Şərt o deyil ki, şeirdə təhkiyə, qafiyə uyğunluğu, ritmik sürət, təmtəraq, elitarlıq və s. olmalıdır, xeyr, uşaq qəlbinə yol tapmaq üçün həm də gərək daha həssas emosionallığa, uşaq psixologiyasında olan rəngarəngliyə, estetikliyə, daha iti ustalığa, sənətkarlığa malik olasan.

Əbülfəz Muxtaroğlunun uşaqlar üçün yazdığı şeirləri oxuduqca görürük ki, şair uşaq ruhunun bilicisi kimi uşaq qəlbinə yol tapmağı bacarır. Fəsillərin gözəlliyi dəqiqliklə, oynaq, lakonik misralarla qulaqdan süzülüb ürəyə belə axır:

Şirin-şirin töhfələrlə
Budur, gözəl bahar gəlir.
Al günəşli səhərlə
Budur, gözəl bahar gəlir.

Dağ başında əriyir qar,
Bağça, bağlar gətirir qar,
Noruzgülü bizə nubar,
Budur, gözəl bahar gəlir [1, 174].

Ümumiyyətlə, Əbülfəz Muxtaroğlu təkcə balaca balaların təfəkkür imkanlarını, maraq dairələrini əhatə edən mövzulara toxunmaqla kifayətlənmir, bu şairdə sözün özünü bədii ifadəni, deyim tərzini uşaq hafizəsinin, uşaq emosiyasının və psixologiyasının tələblərinə uyğunlaşdırmaq bacarığı güclüdür. Əbülfəz Muxtaroğlu uşaq şeirlərində primitiv nəsihətçilikdən, sözçülükdən və deklarativ ibarəpərdazlıqdan uzaqdır. Əbülfəz Muxtaroğlunun bu yanaşması ilə bağlı hələ vaxtilə V.Q.Belinski “Yeni ilə hədiyyə” adlı məqaləsində yazırdı: “...Başlıca iş – sentesiyalardan, nəsihət və tərbiyəpərdazlıqdan imkan daxilində qaçmaqdır: onları böyüklər də xoşlamır, uşaqların isə sadəcə zəhləsi gedir”.

Fikrimizcə, uşaq şeirləri yazmaq üçün şairin bədii dili zəngin olmalıdır, təbiiliyi, axarlığı olmalıdır. Bunlar, uşaq şeirləri yazmaqda xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Əbülfəz Muxtaroğlunun uşaqlar üçün yazdığı şeirlərin dili sadədir, rəvandır, axınalıdır, lakonikdir və estetik tərbiyəvi əhəmiyyəti ilə də zəngindir.

Oxucuları ilə son görüşə “Ömürdən qalan izlər” şeirlər kitabı ilə gələn Əbülfəz Muxtaroğlunun ömründən qalan izlərini belə ümimiləşdirə bilərik: Əbülfəz Muxtaroğlu ömür yolunun zirvəsinə kamil qədəmlərlə addımlayan, sevimli müəllimim və həmkarımızın həyat akkordları barədə sonsuz sayda fikir və şərəfət, erudisiya və ziyalılıq, şəfqət və qayğı, elmilik və fəzilət, milli-mənəvi irsə dərin məhəbbət, xalqımızın elm və sənət adamlarına ehtiram hissi – Əbülfəz Muxtaroğlunun həyat, yaradıcı qayəsidir. Elmə, şeirə, cəmiyyətə və təbiətə yüksək milli və bəşəri duyğular qatmış Əbülfəz Muxtaroğlu şeir sevrələrin qəlbində daim yaşayır və yaşayacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Əbülfəz Muxtaroğlu. Ömürdən qalan izlər (Şeir kitabı). Bakı: Elm və təhsil. 2018, 576 səh.

ABULFAZ MUKHTAROGLU THE AESTHETIC POWER OF THE ARTISTIC WORD IN HIS CREATIVITY

KAMAL JAMALOV

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Nakhchivan Teachers' Institute Honored Teacher of the Republic of Azerbaijan, Laureate of the "Golden Pen" Award

The article analyzes the poem book “Traces Left by Life” by the scientist and poet Abulfaz Mukhtaroglu. Spirituality is the internal spiritual need that creates a strong belief between a person's spiritual consciousness and spiritual behavior, regulates, sets in motion, and controls them, a deep belief in the transformation of the ideal that a person tries to fulfill in life into reality, a system of strong views. A person with a belief is principled, simple, humble, and humanistic. One of such principled, simple, humble, and humanistic people is Abulfaz Mukhtaroglu, a teacher, scientist, poet, and my dear friend who gave me lectures at a higher educational institution and is still my dear friend today.

A lover of literature, art, especially poetry, scientist, poet-pedagogue Abulfaz Mukhtaroglu devoted his meaningful life to the education of the younger generation and the teaching of Azerbaijani linguistics, and published many scientific articles, monographs, textbooks, and a total of nine (9) books. As a university teacher and educational worker, Abulfaz Muallim gave more space to educational issues in his scientific works.

Prominent researchers of our modern literature, academicians Isa Habibbeyli, Kamran Aliyev, Jalal Gasimov, Sevindik Valiyev, Akif Akhundov, Maharram Jafarov, Nazakat Ismayilova, Abbas Hajiyevev and others, have expressed very valuable opinions about Abulfaz Mukhtaroglu's creativity and conducted scientific and critical research. However, Abulfaz Muallim's creativity is such a rich spiritual wealth that it deserves constant study and there is a spiritual need. Because Abulfaz Muallim's very rich poetic world is constantly evolving, renewing, becoming fuller, and acquiring philosophical and aesthetic content every hour and every day. The poet lives with love for writing and creating, dedicating meaningful minutes of his life to searching for the pearls of today's words. The desire to add new verses and polish them makes his dream forbidden. As we have noted in the poems of Abulfaz Muallim, the aesthetic and moral-educational essence are united. The artistic and educational impact of his poems captivates the reader, makes him think, and instills in him high

ELMİ MƏTNLƏRİN YAZILMASINA ANALİTİK YANAŞMA

Gültəkin Atəş qızı Abdullayeva
pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Filologiya fakültəsi
ORCID: 0009-0009-5332-2146
Pion2691@rambler.ru

Xülasə

Yazılı elmi mətnlərin hazırlanması elmi fəaliyyətin mühüm tərkib hissəsidir. Xüsusilə həcmi geniş olan elmi işlər - dissertasiya, referat, resenziya, dərslik və digər akademik yazılar daha ciddi yanaşma, planlaşdırma və analitik düşüncə tələb edir. Bu tip mətnlərin hazırlanmasına analitik yanaşma tədqiqatçının yalnız məlumat toplamasını deyil, həmin məlumatları sistemli şəkildə qurmasını, məntiqi ardıcılıqla təqdim etməsini və elmi əsaslarla təhlil etməsini təmin edir. Bu baxımdan təhsilalanlar üçün belə mətnlərin yazılması həm nəzəri, həm də praktik bacarıqların formalaşmasında mühüm rol oynayır.

Yazılı elmi mətnlərin - dissertasiya, referat, resenziya, dərslik və digər geniş həcmli işlərin hazırlanmasına analitik yanaşma tədqiqatın bütün mərhələlərini əhatə edir. Planlaşdırma, strukturlaşdırma, məntiqi ardıcılıq və analitik təhlil bu prosesin əsas elementləridir. Bu bacarıqlar təhsilalanlara yalnız elmi mətn yazmağı deyil, həm də məlumatları düzgün analiz etməyi, müqayisə etməyi və əsaslandırılmış nəticələr çıxarmağı öyrədir. Müasir elmi mühitdə bu bacarıqlar hər bir tədqiqatçı üçün vacib hesab olunur və elmi fəaliyyətin keyfiyyətini müəyyən edən əsas amillərdəndir.

Açar sözlər: elmi mətnlər, analitik düşüncə, məlumat mübadiləsi

AN ANALYTICAL APPROACH TO WRITING ACADEMIC TEXTS**Abstract**

The preparation of written academic texts is an essential component of scholarly activity. In particular, extensive academic works-such as dissertations, term papers, reviews, textbooks, and other scholarly writings-require a more rigorous approach, careful planning, and analytical thinking. An analytical approach to the preparation of such texts enables researchers not only to collect information but also to organize it systematically, present it in a logical sequence, and analyze it based on scientific principles. In this regard, writing academic texts plays a significant role in developing both the theoretical knowledge and practical skills of students.

An analytical approach to the preparation of written academic texts-including dissertations, term papers, reviews, textbooks, and other comprehensive academic works-covers every stage of the research process. Planning, structuring, logical organization, and analytical evaluation constitute the fundamental elements of this process. These competencies enable students not only to produce academic texts but also to analyze information accurately, compare different perspectives, and draw well-reasoned conclusions. In today's academic environment, these skills are regarded as essential for every researcher and are among the key factors determining the quality of scholarly work.

Keywords: academic texts, analytical thinking, information exchange

DİSLEKSİ VE OKUMA GÜÇLÜKLERİNİN DÜZELTME STRATEJİLERİ

B/m., Lale MUSAYEVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Azərbaycan dili və öqretim texnologijisi bölmü,
lala.musayeva.adpu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7701-5716

Özet

Disleksi ve okuma güçlükleri, modern eğitim sisteminde özel ilgi gerektiren güncel sorunlardan biridir. Disleksi, çocuğun entelektüel gelişim düzeyi, görme ve işitme yetenekleri normal olduğu hâlde, okuma sürecinde sürekli zorluk yaşaması ile karakterize edilen spesifik bir öğrenme bozukluğudur. Bu durum, genellikle harflerin tanınması, seslerle harfler arasında bağlantı kurulması, kelimelerin doğru ve hızlı okunması, okunan metnin anlamının kavranması gibi becerilerde kendini gösterir. Disleksili çocuklar bazen harfleri karıştırır, heceleri atlar, kelimeleri ters okur, okuma sırasında çabuk yorulur ve metnin içeriğini anlamakta güçlük çekerler. Ancak bu güçlükler çocuğun tembelliği veya zayıf yeteneği ile açıklanamamalıdır; aksine, bireysel yaklaşım ve doğru düzeltme stratejileri gerektiren pedagojik-psikolojik bir durum olarak değerlendirilmelidir. Okuma güçlüklerinin düzeltilmesi sistematik, aşamalı ve bireyselleştirilmiş şekilde yürütülmelidir. İlk aşamada çocuğun okuma becerisi tanısal olarak değerlendirilmeli, güçlüğün hangi düzeyde olduğu belirlenmelidir. Bazı çocuklarda temel sorun seslerin ayırt edilmesi ile ilgili olurken, bazılarında ise kelimeleri bütün olarak okuma, okuma hızı veya metnin içeriğini anlama alanında güçlük gözlemlenir. Bu nedenle düzeltme çalışması genel değil, çocuğun gerçek ihtiyaçlarına uygun şekilde kurulmalıdır. Disleksi ve okuma güçlüklerinin giderilmesinde fonematik algının geliştirilmesi önemli bir yer tutar. Çocuklar sesleri duymalı, ayırt etmeli, kelimenin başında, ortasında ve sonunda gelen sesleri belirleyebilmelidir. Bunun için ses oyunları, hece görevleri, kafiye bulma, kelimeleri seslere ayırma ve seslerden kelime oluşturma gibi çalışmalar faydalıdır. Aynı zamanda harf-ses ilişkisinin pekiştirilmesi de önemlidir. Harflerin görsel olarak tanınması, bunların uygun seslerle ilişkilendirilmesi ve farklı kelimelerde kullanılması okuma becerisinin temelini oluşturur.

Düzeltilme stratejilerinden biri çok kanallı öğrenme yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda çocuk yalnızca görme ve işitme yoluyla değil, dokunma, hareket ve pratik etkinlik yoluyla da öğrenir. Örneğin, harflerin plastikten yapılması, kum üzerine yazılması, renkli kartlarla işlenmesi ve kelimelerin ritmik şekilde hecelenmesi çocuğun öğrenme sürecini kolaylaştırır. Bu tür etkinlikler okumayı daha ilgi çekici hâle getirir ve hafızada pekişmeyi güçlendirir. Okuma güçlüğü olan çocuklarla çalışırken metinler basitten zora doğru seçilmeli, kısa cümlelerden başlanmalı ve tedricen daha geniş metinlere geçilmelidir. Okuma sırasında çocuğa ekstra süre verilmeli, hatalar sert şekilde eleştirilmemeli, aksine doğru okuma örneği sunulmalıdır. Tekrarlı okuma, sesli okuma, öğretmenle birlikte okuma, rollerle okuma ve metnin bölümlere ayrılması gibi yöntemler okuma hızını ve anlama becerisini geliştirir. Sonuç olarak, disleksi ve okuma güçlükleri erken dönemde tespit edildiğinde ve doğru düzeltme stratejileri uygulandığında çocuğun öğrenme başarılarını artırmak mümkündür. Bu süreçte öğretmen, veli, psikolog ve dil ve konuşma terapistinin iş birliği büyük önem taşımaktadır. Temel hedef, çocuğun okuma becerisini geliştirmenin yanı sıra, öz güvenini korumak, öğrenmeye ilgisini artırmak ve bireysel potansiyelini ortaya çıkarmaktır.

Anahtar Kelimeler: okuma güçlükleri, düzeltme stratejileri, fonematik algı, bireyselleştirilmiş öğrenme, okuma becerisi

DYSLEXIA AND READING DIFFICULTY CORRECTION STRATEGIES**Senior lecturer, Lala MUSAYEVA****Azerbaijan State Pedagogical University, Department of Azerbaijani Language and Educational Technology, lala.musayeva.adpu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7701-5716****Abstract**

Dyslexia and reading difficulties are among the current issues in the modern educational system that require special attention. Dyslexia is a specific learning disorder characterised by persistent difficulties in the reading process, despite the child having a normal level of intellectual development and adequate visual and auditory abilities. This condition typically manifests in skills such as letter recognition, establishing connections between sounds and letters, accurate and fluent word reading, and comprehension of the meaning of the text being read. Children with dyslexia may sometimes confuse letters, skip syllables, read words backwards, tire quickly during reading, and have difficulty understanding the content of the text. However, these difficulties should not be attributed to the child's laziness or limited ability; rather, they should be regarded as a pedagogical-psychological condition requiring an individualised approach and appropriate correction strategies. The correction of reading difficulties should be carried out systematically, in stages, and in an individualised manner. In the initial stage, the child's reading skills should be diagnostically assessed to determine the level at which the difficulty occurs. In some children, the primary problem is related to sound discrimination, while in others, difficulties are observed in holistic word reading, reading speed, or text comprehension. Therefore, the correction work should be designed not uniformly but according to the child's actual needs. The development of phonemic awareness occupies an important place in overcoming dyslexia and reading difficulties. Children should be able to hear and distinguish sounds and identify sounds occurring at the beginning, middle, and end of words. For this purpose, sound games, syllable tasks, finding rhymes, segmenting words into sounds, and constructing words from sounds are beneficial activities. At the same time, reinforcing the letter-sound correspondence is also crucial. The visual recognition of letters, their association with corresponding sounds, and their use in various words form the foundation of reading ability.

One of the correction strategies is the multi-sensory learning approach. In this approach, the child learns not only through visual and auditory channels but also through tactile, kinesthetic, and practical activities. For example, modelling letters from plasticine, writing them in sand, working with coloured cards, and rhythmically syllabifying words facilitate the child's learning process. Such activities make reading more engaging and strengthen retention in memory. When working with children with reading difficulties, texts should be selected on a continuum from simple to complex, starting with short sentences and gradually progressing to longer texts. During reading, the child should be given additional time, errors should not be harshly criticised, and instead, a model of correct reading should be provided. Methods such as repeated reading, oral reading, choral reading with the teacher, reader's theatre, and segmenting the text into parts improve reading speed and comprehension skills.

In conclusion, when dyslexia and reading difficulties are identified early and appropriate correction strategies are applied, it is possible to enhance the child's learning achievements. In this process, collaboration among the teacher, parent, psychologist, and speech-language pathologist is of great importance. The primary goal is not only to develop the child's reading skills but also to maintain their self-confidence, increase their interest in learning, and reveal their individual potential.

Keywords: reading difficulties, correction strategies, phonemic awareness, individualised learning, reading skills

IX SINIF TƏSVİRİ SƏNƏT DƏRSLİYİNDƏ XX ƏSR DÜNYA İNCƏSƏNƏTİNİN TƏDRİSİNİN DİDAKTİK İMKANLARI

Emil Raul oğlu Ağayev

ADPU-nun nəzdində Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Kolleci “İncəsənət və fiziki tərbiyə” fənn birləşmə komissiyasının müəllimi, ORCID: 0000-0001-9354-0839, Emilaghayev93@mail.ru

Xülasə

Məqalədə IX sinif təsviri sənət dərslərində XX əsr dünya incəsənət tarixinin öyrədilməsi metodikası təhlil olunur. Tədqiqatın əsas məqsədi dərslərdə tətqdim olunan bədii cərəyanların, görkəmli rəssamların və heykəltəraşların yaradıcılığının şagirdlərə müasir pedaqoji yanaşmalar əsasında mənimsədilməsi yollarını müəyyən etməkdir. Araşdırmada Pol Sezan, Pablo Pikasso, Vasili Kandinski, Henri Mur, Pol Kli, Naum Qabo, Salvador Dali, Xuan Miro və Alberto Cakometti kimi XX əsr dünya incəsənətinin aparıcı nümayəndələrinin yaradıcılıq xüsusiyyətləri təhlil edilir və onların tədris prosesində tətbiqi imkanları qiymətləndirilir. Müəyyən olunur ki, bu mövzuların müqayisəli təhlili şagirdlərdə bədii təfəkkürün, estetik zövqün, yaradıcı düşüncənin və vizual analiz bacarıqlarının inkişafına mühüm təsir göstərir. Məqalədə interaktiv təlim metodlarının, reproduksiya üzərində müşahidələrin, müqayisəli təhlilin və diskussiya üsullarının tətbiqinin səmərəliliyi əsaslandırılır. Eyni zamanda, müəllimin metodik hazırlığının və düzgün seçilmiş tədris strategiyalarının şagirdlərin dünya incəsənətinə marağının artırılmasında mühüm rol oynadığı vurğulanır. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, XX əsr dünya incəsənətinin sistemli və ardıcıl tədrisi şagirdlərin estetik dünyagörüşünün formalaşmasına, incəsənət əsərlərini elmi əsaslarla təhlil etmək bacarıqlarının inkişafına və milli-mənəvi dəyərlərlə ümumbəşəri bədii irs arasında əlaqələrin dərk edilməsinə şərait yaradır. Məqalə təsviri sənətin tədrisi metodikasının təkmilləşdirilməsi istiqamətində nəzəri və praktik əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: IX sinif, təsviri sənət, XX əsr dünya incəsənəti, tədris metodikası, rəssam, estetik tərbiyə, yaradıcı təfəkkür, vizual təhlil.

DIDACTIC OPPORTUNITIES FOR TEACHING 20TH-CENTURY WORLD ART IN THE GRADE IX FINE ARTS TEXTBOOK

Abstract

This article examines the methodology of teaching the history of twentieth-century world art in the Grade IX Fine Arts textbook. The primary aim of the study is to identify effective pedagogical approaches for teaching major artistic movements and the creative achievements of outstanding painters and sculptors presented in the textbook. The research analyzes the artistic heritage of Paul Cézanne, Pablo Picasso, Wassily Kandinsky, Henry Moore, Paul Klee, Naum Gabo, Salvador Dalí, Joan Miró, and Alberto Giacometti, while evaluating their educational significance within the secondary school curriculum. The findings indicate that the comparative study of artistic styles and individual creative approaches contributes significantly to the development of students' artistic thinking, aesthetic appreciation, creative imagination, and visual analysis skills. The article emphasizes the effectiveness of interactive teaching methods, comparative analysis, classroom discussions, visual observation of artworks, and problem-based learning activities in increasing students' engagement with modern art. Particular attention is devoted to the methodological competence of teachers and the selection of appropriate instructional strategies that encourage critical thinking and independent interpretation of works of art. The study concludes that a systematic and well-structured presentation of twentieth-century world art enables students to understand the evolution of modern artistic movements, evaluate artworks from historical and aesthetic perspectives, and establish meaningful connections between national cultural heritage and universal artistic values. The research also demonstrates that integrating innovative teaching methods into fine arts education enhances students' motivation and strengthens their aesthetic awareness. The results may serve as a methodological resource for improving the teaching of art history in secondary education.

Keywords: Grade IX, fine arts education, twentieth-century world art, teaching methodology, art history, aesthetic education, creative thinking, visual analysis.

GİRİŞ.

Orta məktəblərdə şagirdlərdə yaradıcılıq qabiliyyətinin inkişaf etdirilməsində mühüm fənlərdən biri də təsviri incəsənətdir. IX sinif təsviri incəsənət dərslərinə diqqət yetirsək, XX əsr dünya incəsənət tarixinin görkəmli rəssamları və əsərləri təhlil edilmişdir. IX sinif şagirdlərinin estetik reaksiya və dünyagörüşünün inkişaf etdirilməsində dərslər mühüm mövqe tutur.

MÖVZUNUN İŞLƏNMƏ DƏRƏCƏSİ.

“Pol Sezan: kompozisiya, forma və rəng” mövzusunə nəzər yetirsək, IX sinif şagirdləri fransız rəssamının yaradıcılığının romantik, impressionist, konstruktiv, sintetik, spontan dövrləri ilə tanış olurlar. Rəngkarlıqda özünəməxsus baxış Sezanı müasirlərindən fərqləndirdi, yeni bədii istiqamət kubizm arasında körpü saldı.

XX əsr dünya incəsənət tarixinin öyrədilməsi metodikasında növbəti mövzu “Pablo Pikasso:fərqli üslublarda işləyən rəssam” adlanır. Kubizmin ən məşhur nümayəndələrindən biri olan dünya şöhrətli rəssam, təsviri sənətin elə bir janrı yoxdur ki, Pikasso özünü sınımasın. Şagirdlər dərslərdə rəssamın erkən mərhələsində üç yaşından rəsm çəkməsini, mavi dövrdə impressionistlərin təqlidçisi olduğunu, çəhrayı dövrü həm də sirk dövrü kimi adlandırılması, Afrika dövründə Pikassonun kubizm üslubunda yaradılmış “Avinyon qızları” adlanan ilk əsəri, analitik kubizm dövründə monoxromluq və hər bir detalın dəqiq ifadəsindən imtina edilməsi, sintetik kubizm dövründə dekorativ kollajlarla, klassisizm dövründə antik memarlıq ənənələri, sürrealizm dövründə kubizm cərəyanını sintez edərək qadın obrazları və Afrika heykəltəraşlığından aldığı təəssüratlar, 30-cu illərin sonu və müharibə dövrü adlanan mərhələdə II Dünya müharibəsində onun vətəni İspaniyanı bürümüş müharibə zamanı xeyli ağlayan qadın portretləri haqqında nəzəri biliklər metodoloji baxımdan müəllimdən bacarıq tələb edir. “Bilirsinizmi” bölməsində rəssamın məşhur “Gernika” əsərində 1937-ci ilin aprelində alman aviasiyası tərəfindən İspaniyanın şimalındakı şəhərin dağıdılması kompozisiyada canlandırılır. Müharibədən sonrakı dövr mərhələsində 1949-cu ildə Parisdə Sülh tərəfdarlarının Dünya konqresinin plakatında Pikassonun çəkdiyi “Sülh göyərçini” təqdim olunur. Son dövr adlanan mərhələdə isə formaların bölünərək səthə yayılması, Afrika və İberiya incəsənətinin təsiri altında rəssam çalışır.



İLL 1.Pablo Pikasso “Avinyon qızları”



İLL 2. Pablo Picasso “Guernica”

“Vasili Kandinski: abstrakt sənətdə axtarışlar” mövzusunda şagirdlər abstraksionizm cərəyanının görkəmli rəssamının yaradıcılığı ilə tanış olur. Kompozisiya-abstrakt rəngkarlığın ali və ardıcıl formasıdır. Burada gerçəklə birbaşa heç bir əlaqə yoxdur, onların yaradılmasında şüur iştirak edir. Vasili Kandinski üçün kompozisiya bir anlayış olaraq istənilən yaradıcı fəaliyyətin təməlidir. Rəng parçaları və xətlər hərəkət qüvvəsinin cəlbədicisi ruhunu yaradır. Rəssamın ən maraqlı əsərlərindən olan “Kazaklar” tablosu təhlil edilərək, təpələrin görüntüsü, üfüq xətti, at çapan kazakların siluetləri tablonun ümumi dinamikası, ayrı-ayrı forma, xətt və rəng parçaları ilə vəhdət təşkil etməsindən bəhs edilir.”Bilirsinizmi” bölməsində Kandinskinin Azərbaycan Milli İncəsənət Muzeyində şüşə üzərində təsvir edilən “Amazonka” əsəri haqqında məlumat verilir.



İLL 3. Vasili Kandinski “Kazaklar”

IX sinif təsviri incəsənət dərslərində dünya incəsənət tarixinin tanınmış heykəltəraşı Henri Spenser Mur yaradıcılığında mühüm yer tutan modernizm cərəyanı təhlil edilir. Heykəltəraş öz kompozisiyalarını ağac, daş, bürünc, dəmir-betondan və terrakotadan yaradırdı, açıq məkanlarda yerləşdirərək onları ətrafdakı mənzərə ilə qovuşdurmağa səy göstərirdi.

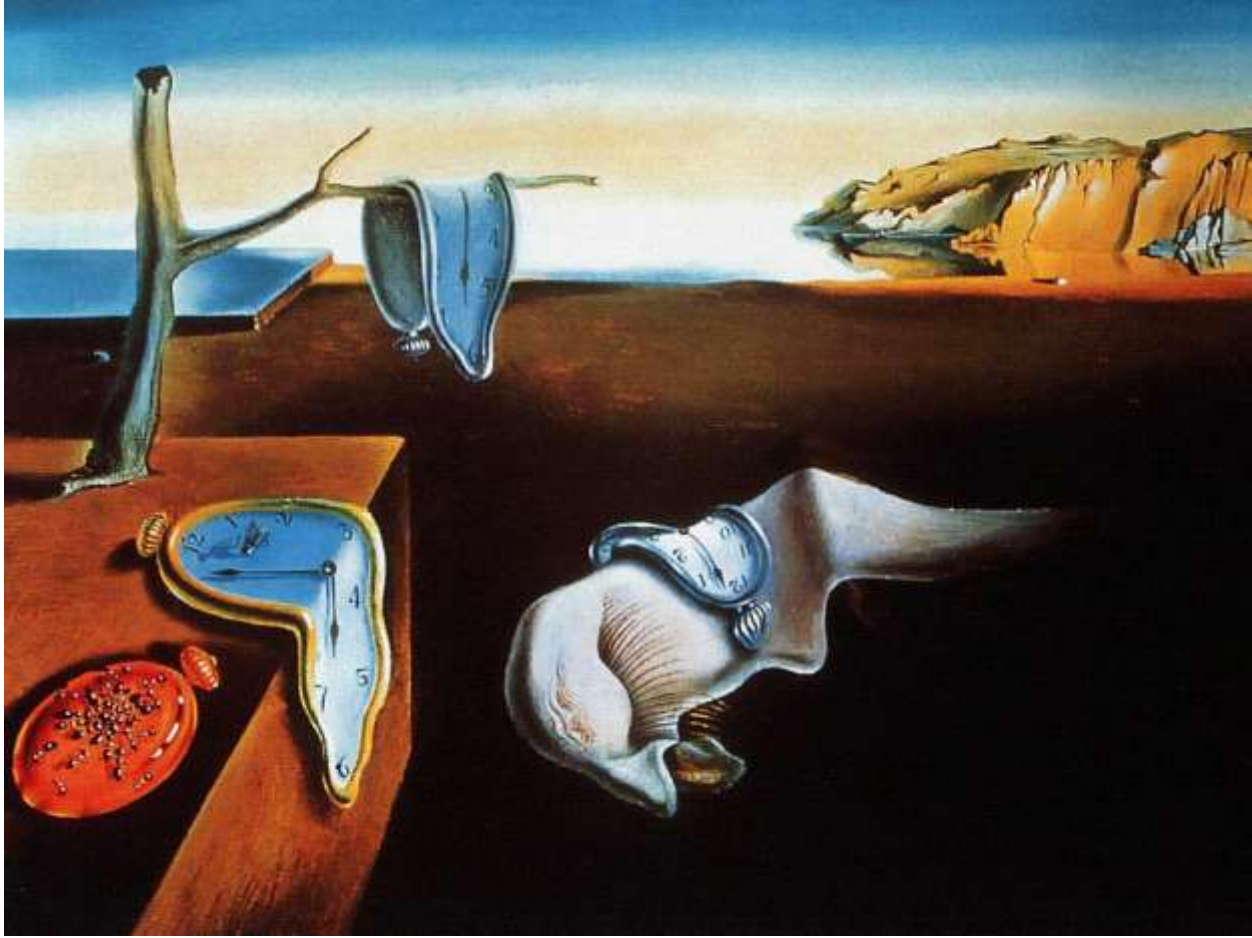


İLL 4.Henri Mur “Ana körpəsi ilə”

“Pol Kli:rəngkarlıqda xətlərin hərəkəti” mövzusunda şagirdlərə Avropa avanqardının görkəmli rəssamının yaradıcılığı təhlil edilir. Kli taxta və iplərdən kompozisiyalar yaradır, onların üzərində fırça ilə işləyirdi, hətta oyuncaqlarda düzəldirdi. O, qravürlərə maraq göstərirdi və şüşə üzərində iynə ilə təsviretmənin orijinal texnikasının icad etmişdi.

IX sinif təsviri incəsənət dərslində konstruktivizm və kinetik sənətin əsasını qoyanlardan biri olan heykəltəraş Naum Qabo yaradıcılığı haqqında da məlumat verilir. Rəssam incəsənətin öz dəyəri və funksiyası olduğunu iddia edirdi. Onun fikrincə, həndəsi prinsiplər heykəlin təməli hesab olunur. Çox zaman memarlığa uyğunlaşdırılmış “Qüllə”, “Monument” və yaxud “Quyu” kimi adlar daşıyan bu əsərlərdə Qabonun konseptual xəyalları həm də şagirdlərdə estetik reaksiyanın inkişafına gətirib çıxarır.

“Salvador Dali:dahinin sürrealist kainatı” mövzusunda sürrealizm üslubunda əsərlər haqqında şagirdlərə məlumat verilir. Uydurma xəyallar, formaların qəribə uyğunluğu və fərqli obrazlar-sürrealizm üslubunun ümumi xüsusiyyətləri sayılır. Bu mövzuda Salvador Dalinin rəngkarlıq əsərlərindən başqa, əl ilə ərsəyə gətirilən xeyli sürrealist əşyaları haqqında da məlumat verilir. Sürrealizm cərəyanının digər görkəmli rəssamı Xuan Miro yaradıcılığına tanınmış rəssamların təsir göstərməsi, həcm və materiallarda olan müxtəliflik əsas fikir kimi təqdim edilir.



İLL 5. Salvador Dali “Yaddaşın daimiliyi”

İsveçrəli heykəltəraş, rəng ustası və qrafik rəssam Alberto Cakometti yaradıcılığının təhlili də IX sinif təsviri incəsənət dərslində təqdim edilmişdir. Rəssam öz heykəllərinin əksəriyyətini böyük fransız heykəltəraşı Rodenin yaradıcılığının təsiri altında yaratmışdır. Alberto Cakometti öz heykəltəraşlıq təsvirlərinin xüsusi, unikal və tanınan tipini-uzadılmış, kövrək, səthi döyünən, öz ətrafındakı məkanı ovsunlayan fiqur tiplərini formalaşdırmışdı.

NƏTİCƏ.

“IX sinif təsviri sənət dərslində XX əsr dünya incəsənət tarixinin öyrədilməsi metodikası” mövzusunun əsas nəticələri aşağıdakılardır:

-IX sinif şagirdləri XX əsr dünya təsviri incəsənət tarixinin məşhur cərəyanları və rəssamları haqqında məlumat öyrənirlər

-IX sinif şagirdlərinin dünyagörüşü inkişaf etməklə bərabər, estetik reaksiya müxtəlif kompozisiyaların təhlil edilməsində mühüm rol oynayır

Ədəbiyyat siyahısı:

1.IX sinif təsviri incəsənət dərsləri //Bakı 2020// 136 s

2.IX sinif təsviri incəsənət (metodik vəsait)// Bakı 2020 //136 s

TƏSƏVVÜFÜN MERİDİAN ÜFÜQLƏRİ: KIBRISLI ŞAİR ƏLİ HANDİNİN ÜRFANİ SİRLƏRİNDƏ AĞIL VE MƏCNUNLUQ

DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425 ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prizə & India- Birliyinin Yönetici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eytimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery's Ange`ls Internacional Qroup üzvü; Poetas Intergalácticos-üzvü; World Peace Literature Academy-nin yönetici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-BÜTÖV AZERBAIJAN

Özət

Əli Handi Osmanlının Türk dünyasının Rumeli illerindendir: o, şimdiki Bulqarıstan erazisinde kalan Zağra'da doğulmuş, Sultan II. Mahmud (1808-1839) ve Sultan Abdulmecid (1839-1861) dövemlerinde Kıbrıs'ta yaşamışdır. Əli Handinin Zağra ve Kıbrısı vasfı mekan-Vatan ve zaman vasfıdır. Handi'de bütün mekanlar ve zamanlar Türk ruhaniliyinin, Türk Vahdetinin mekan ve zamanlarıdır. İrfani rabitenin zaman ve mekanı olmaz-min yılın zamanı ile yaşadığı zaman arasında Söz, Hikmet, İman, Vahdet bakımından bi bütövlük vardır.

Handinin gəzellerinde mana sırları:

Əli Handi --Ürfan şairidir: o, mana gazeli yazırdı ve Handi o ma'na gazeline irfan aydınlığı verirdi: gazelin ma'na aydınlığı onun düşüncə ve duyğularının aydınlığıdır.

Gazel eslinde irfan şiiridir. Bizim nazarımızca, **Gazel Şiirin Sazıdır**. Sazla irfan düşünceleri, aşk bağıllığı bağlanar: mehebbet hankı tellerle bağlanmakdırsa, gazel şiiri de aşikin ruhunun, aşikin aşk bağlantılarının vasfını o tellerle verir: vasfa –Sevgiliye vasf koşur, sırta sır bağlayır. Kendinedek yaşamım mutasavvıflar gibi, Handi de arifi kendi sevgilisine kovuşturmak vacdlerini-hayratlarını ifade edir. Ve bütün arifler aleminde: habele Handinin poeziya-hikmet dünyasında **İrfan insanın aşkını derinleştiren bir Deryadır**.

Əli Handiyedek Doğu Anadolu yüz-yüz yıllar boyu kendi İrfan dünyasının ideallarını yayırdı. Handi de o ideaların ışıqlından ışıqlar almış ve o ışıqlardan kendi zamanına ayna-güzgü tutmuş, irfani hikmetlerin sihrini de o güzgüləndən eks ettirmişdir. Her şeyden öne, Əli Handi insana müraciət edir, onu İrfan ilmini öğrenmeye çağırır:

Arif ol, adem isen, gel beri, insan öğren,

Nükte-i 'aşka kadem bas, yüri 'irfan öğren.

-eger insan isen, arif ol, bize-yakına gel, insanı, insanlığı örgen: kendini örgen.

Əli Handinin şiirleri ürfan ədəbinin ifadəsi baxımından, klassik özəlliklərə malik olmaqla barabar, çağdaş Türk Ürfan baxışlarının ifadəsidir. XIX yüzyl–get-gede insanları Tasavvuf dünyasından uzaklaştırmak yolunda Batı-Avropa baskılarının arttığı bir zaman burulğanı içerisinde əriyirdi. Əli Handinin Divanı Azərbaycan-Oğuz Türkcəsindədir.

Əli Handi məkan və zaman mənsubluğuna görə Ürfani baxışlar Mürşidi idi.

Şair Əli Handinin mensup olduğu mekan ve zaman— Türk mekanı ve Türk Zamanıdır. Əslində hər yer -Türk mekanı, hər zaman-Türk zamanıdır. əli Handi Türk Təsəvvüf aləminin Haq şairi, müdrik mürşidi idi.

Açar Sözlər: Təsəvvüf meridian üföqləri; Kıbrıslı Əli Handi təsəvvüf məftunluğu: məna nüktələri.

MERIDIAN HORIZONS OF SUFISM: THE UNITY OF INTELLIGENCE AND JOY IN MYSTERIOUS MYSTERIES OF THE CYPRUS POET ALI HANDI

Abstract

Ali Handi is from the Rumeli provinces of the Ottoman Empire: he was born in Zagra, which is now in the territory of Bulgaria, Sultan II. He lived in Cyprus during the reigns of Mahmud (1808-1839) and Sultan Abdulmecid (1839-1861). Ali Handi's description of Zagra and Cyprus is a description of place-Motherland and time. All places and times in Handi are places and times of Turkish spirituality and Turkish Unity. Mystical communication has no time and place - between the time of a thousand years and the time he lived, there is a unity in terms of Word, Wisdom, Faith, Unity.

Secrets of meaning in Handi's ghazals:

Ali Handi is a poet of wisdom: he wrote mana ghazals, and Handi gave that mana ghazal a gnostic clarity: the meaning clarity of a ghazal is the clarity of his thoughts and feelings.

It is a gnostic poem in the style of a gazelle. In our opinion, Gazel is the Song of Poetry. With music, gnostic thoughts and love connections are connected: if love is to be connected with strings, then the ghazal poem describes the lover's soul and the lover's love connections with those strings: vasfa - describes love, binds a secret to a secret. Like the Sufis who live like themselves, Handi also expresses the ecstasy-surprises of chasing the sage to his lover. And in the world of all sages: in the poetry-wisdom world of Habele Handi, Irfan is a River that deepens human love.

Ali Handiyedek spread the ideals of his own Irfan world for hundreds of years in Eastern Anatolia. Handi also received lights from the light of those ideas and held a mirror to his own time from those lights, and reflected the magic of mystical wisdom from that mirror. Above all, Ali Handi appeals to man, calls him to learn the science of Irfan:

Be wise, if you are a man, come and learn,

Nükte-i 'ashka kadem bas, yuri 'irfan ogren.

- if you are a human being, be wise, come close to us, teach people, humanity: teach yourself.

Ali Handi's poems are an expression of modern Turkish lore views, while having classical characteristics. In the 19th century, it gradually melted into a whirlwind of Western European pressures to distance people from the world of Sufism. Ali Handi's Divan is in Azerbaijani-Oghuz Turkish.

Ali Handi was the Murshid of the traditional views according to his place and time.

The space and time to which the poet Ali Handi belongs is Turkish space and Turkish Time. In fact, every place is Turkish space, every time is Turkish time. Ali Handi was the True poet and wise mentor of the Turkish Sufi world.

Keywords: Sufism meridian horizons; Cypriot Ali Handi's fascination with Sufism: points of meaning.

GİRİŞ

Kıbrıslı şair Əli Handi Şərbaycan Türkcəsində yazan şairdir. Divan şeirinin poetika tələblərində əsas məsələ- Divan şeirinin Dili Məsələsidir. Bütün Divanlar min il ərzində AZərbaycan-Oğuz Türkcəsində yazılmışdır. Yəni, harda Türk varsa, orada ədəbiyyat- poeziya- Ürfan, Təsəvvüf dili Azərbaycan Oğuz Türkcəsi ədəbiyyatın Ana dili olmuşdur. Əli Handi klassik ebebi-poetik geleneğin davamçısı olmakla, hem de məkan və zaman fəvqünə görə, Avropada Təsəvvüf baxış və ideyaların ifadə poetizmi ilə böyük bir Mərifət Yolunda olmuşdur. Əli Handi Öz dövrünün Avropa məni olub. Bu., Ürfan, Təsəvvüf Məkanı deməkdir. Min ildən çoxdur ki, Təsəvvüf elminin məna və hikmət süzgəclərindən nə qədər gövhərlər süzmüm, yaymışdır! Əli Handi öz dövrünün dəhi klassiklərindən Biri idi.

Əli Handinin şeirləri onun ölümündən, təqribən, 130-140 ill sonra ədəbi aləmə təqtim edildi. İlk dəfə olaraq, Sayın hocamız Dr. Harid Fədai şair Handinin Divanı-ndan Qəzəllər bölümünü on dörd illik hazırlıqdan sonra 2003-cü ildə nəşr etdirdi.

Harid Fədai hocamız Divan ədəbiyyatının dilini, nəzəriyyəsini, poetikasını, üslubunu, vəznini, janr sistemini dərinlən-dərinə bilən bir Klassik Ədəbiyyat Şeyxidir. Hər halda, biz onu '**Klassik Ədəbiyyat Şeyxi**' adlandırdıq. Şeyx Dr. Harid Fədai Divanın fotosureti 1989-cu ildə Erzurumlu Prof. Dr. Kırzioğludan aldığını söyləyir. Kırzioğluna da bu nadir Divan'ı Türkiyədə Selimiye (Ayasofya) Camisinin xətibisi Məhməd Mətin İrşadi Əfəndi vermişdir

Əli Handi Zağrada doğuldu, Kıbrısdə yaşadı. Handinin Zağra və Kıbrısı vasfı məkan-Vatan və zaman vasfıdır. Handi'də bütün məkanlar və zamanlar Türk ruhaniliyinin, Türk Vahdetinin məkan və zamanlarıdır. İrfani rabitenin zaman və məkanı olmaz- min yılın zamanı ilə yaşadığı zaman arasında Söz, Hikmet, İman, Vahdet bakımından bi bütövlük vardır.

ÜRFANİ MƏCNUNLUQ VƏHDƏTİ:

1. Əli Handi məkan və zaman mənsubluğuna görə Ürfani baxışlar Mürşidi idi.

Şair Əli Handinin mənsub olduğu məkan və zaman— Türk məkanı və zamanıdır. Esində her yer -Türk məkanı, her zaman -Türk zamanıdır.

Şiirlerinin birinde Handi Zağranı şöyle vasf edir:

Eski Zağra Rum Eli gül dəst-i səhra-yı bahar,

Andıran eş'ar-ı pakimde həvavü abdır (seh.65)

-- Eski Zağra Rumelinin bahar səhra çölünün gülüdür,

(Benim) Pak olan şiirimdə hava və sudur.

Ya'ni doğma yurt, doğma iller Handinin şiirlerinin qida mənbeyi, ruhudur.

Handinin həyat və fəaliyyətində Kıbrıs bir dirilik Vətəni-Məkanıdır. Kıbrıs onun şiirlerinin aydınlıq, duruluk deryasıdır: nəfəsi, ruhudur. "Kıbrıs" radifli qazeli bir muğam nəğməsi, bir türkü, bir romans, bir səmfoniyadır. Şairin incə Vasfı vasfı gətirir, sözü kanad açır, mənaları bağçalara yaraşık verən gül-çiçəklərə bənzər. Gazeldə şair Kıbrısı altından hazırlanmış gəmiyə bənzədir:

Kişver-i Behri-Səfide leb-i derya Kıbrıs,

Ya'ni zəvrak-ı zərrin-i müheyya Kıbrıs.

-- Kıbrıs Akdenizin derya ölkesidir. Kıbrıs Şifa nüktesidir: Akdeniz ondan şifa tapır- insan dadı ve şifa alametlerini dodaktan aldığı gibi, Derya da ondan alır şifasını.

Ve Kıbrıs Akdenizin kalbidir-Akdeniz onun kalb döyüntüleri ile nizam tapır.

Garazım nükte-i Kıbrısla demek Lefkoşedir,

Şehr-i nevşade bedel milket-i hadra Kıbrıs.

“Milketi-hadra”—yeşil ada demektir. Yeşil reng emnlik rengi, azad olma, insanın özgürlük remzidir.

Şairin Sözünün canı: yanı maksedi-mantığı Kıbrıs incisi olan Lefkoşedir.

Lefkoşa Kıbrıs incisi-nüktesi-güzelidir.

Yeni bezenmiş şehre benzer yeşil adadır Kıbrıs.

Lefkoşa Türk dünyasının döyünen kalplerinden birisidir

Xublar hər birisi dilbər-i aşiqqəşdir,

Vasf-i tazim ile gör melce-i havra Kıbrıs.

Kıbrıs- güzelleri aşikleri meftun eden, onların cefasını çeken mekandır.

Ceylan gözlü Güzellerin Vasıfları yalnız onlara tazim etmedir; ve Kıbrıs ceylan gözlü Güzellerin Melceyi—sığınacak yeri, doğma ülkesidir

Ma-hasal söylemeden nevk-i zebanım yandı,

Etdi ben aşığı bir bülbül-i guya Kıbrıs.

Söz söylemekten dilimin ucu yandı, gabar oldu; ve Kıbrıs Men Aşığı nağme okudan bülbül etti.

Söyleye-söyleye ol şuh(x)-i cihan -aşube

Akıbet eyleyiser Handiyi şeyda Kıbrıs (gazel 83: seh.113)

O dünya gözeli söyleye söyleye galmagal- çaxnaşma saldı. Sonunda Kıbrıs Handini şeyda-deli-divane etdi.

Əli Handi şöyle bir güzel mekande yaşamış, Sevgiden bülbül gibi dil açan, hasretini dile getirmekten dilinin ucu yanan bir tasavvuf şairi gibi tanınmıştır.

Əli Handinin yaradıcılığı klassik divan poeziyasının dil ve üslub, forma ve mezmun, ideya-fikir sistemine bağlıdır. Onun kendine has isti nefesi, irfani sesi var. Handinin şiirleri, tatkikatçının ifadesile desek, “tasavvuf tezgahında divan ipeyile dokunmuşdur”(Fedai, Harid: seh.21).

Mazmun ve mana, ifade tarzına göre onun gazelleri de Divan şiirinin poetka özelliklerine mahsus ince, derin ifade-mana aydınlığına malıktır. Handi min dört yüz yıldan çok bir İrfan zamanına mansupdur. Onun Söz, Hikmet menbeyi, “Kuran-i Kerim”dir, Peyğamberimiz Muhemmed (s.a.v.) –in Hikmetleridir: hadislerdir, Ahli-Beyt faziletleridir.

XIX yüzyıl Yeni Dönem Anadolu-Rumeli edebiyatının en kudretli şairlerinden biri gibi, Əli Handi Orta çağlar Türk Divan edebiyatının irfan sırları ile Avropa mekanına insanseverlik, muhebbet hikmetleri-neğmelri okudu. Əli Handi’den yüz-yüz yıllar öncesinde Avropada İrfan mektebini, İrfan dünyasını Türkler yarattı, ancak avropalılar bu Ürfandan faydalana bilmediler ve 700 yıl bir zaman erasının Türk-İslam Faziletlerine sığınan halklardan farklı olarak, avropalı zülperestler sonda Türklerin üzerine selip yürüşüne geçtiler. Görünür, İrfan

onları islah ede bilmemiştir: Kimi hakikak, iman, irfan, ahlak terbiyelendire bilmeyipse, onu dahi ne terbiyelendire bilir?!

Türk ürfan ahlakında insanın kamilliyi, büyüklüyü onun İlahi Aşka bağlılığında ve bu bağlılığın vahdetine kavuşmasındadır.

Əli Handinin lirik kahramanı kendini tapan ve Aşk vahdetine kovuşan arıfdir. Əli Handinin poeziyası aşigin İlahi kudrata olan maftunluk ilmene aid incelikleri ifade edir: bu poeziya yeni zamana irfan güzelliklerini vasf-terennüm edir.

Əli Handi kendini bu cür ifade edir:

Daver-i saltanat-ı mantık-ı süz-efsayem,

Şahid-i ma'ni-i ayine-i istiğnayem.

Doğrucul, insaflı hükümdar saltanatında heraret, sıcaqlık artıran Dil'em, Söz'em;

İ'tinasızlık, tokgözlülük (yani, dünya varına itina itmeme) aynasında mana (aleminin) şahidi-güzeli-incisiyim: yani, gördüyümü ifade etmekle hakikatın açılmasına kömek eden-yardımcı olan şahsam: yani yalnız Hakikatı beyan edenem, mana aleminin sırlarına vakif olan şahsam.

Hame-i hassına Cibri-i mü'eyyedü'l-hakk:

Fen-i cazım ile hem nefes-i 'İsayem.

Özel kalemime Hakk tarafından Cibriil qüvvet verir;

Mücadele söyleyen ağzımla İsa nefesliyem, yani dirildenem, can verenem.

Kurre-i a'yün-i 'alemde bulup merkez-i 'aşk,

Sayegüster-i şeref mihr-i ciham-pirayem.

Kurre-i ayün-i alem- kor gözler aleminde Aşk merkezini bulmuşam,

Sayegüster- kölgəsalan, kölgeli; himayedar-koruyucu.

Sayegüster-i şeref— şerefin himayedarı-koruyucusuyam;

Birisine dua edende deyerler: “Allahım, onun külgesini bizim üstimizden eksik eyleme”. Buradaki ‘külge’ dayaq, ümid, himaye- mecazındadır

Mihr-i cehanpireyem— dinyayı süsleyen-donatan -bezeyen Güneşem.

Dahi edna ile ednalığımı mazhardır,

Hakş-ı 'alemde de a'lalar ile a'layem.

Kiçikliyim bayağılığımın tecessümü-yansımasıdır.

Alemin nakşında a'lalar ile alayam— yani a'lalar a'lasıyam

Handiya, nevk-i zeban mu'cize-i hamemdir,

Yed-i Beyzay-i Kelim sur-i ma'nayem

Feilatün (Failatün) Feilatün Feilatün Feilün (Fa'lün)

(Gazel 147: seh.181)

Ey Handi, “nevk-i ziban”- dilimin ucu kalemin möcüzüdür; Kelime’nin en parlağıyam, Yed-Beyzayem – Parlak Ağ El’em, Kelimeyem: Mana Surunun parlak kelimesiyem.

Əli Handinin şiirleri irfan adəbinin ifadəsi bakımından klassik özəlliklərə malik olmaqla barabar, çağdaş Türk İrfan bəkişlərinin ifadəsidir. XIX yüzyl – git-gide insanları Tasavvuf dünyasından uzaklaşdırmaq yolunda Batı-Avropa baskılarının arttığı bir zaman burulğanı içərisində eriyirdi.

Əli Handi gibi şairler o bağları kırılmaktan kurtarmağa çalışmaqda böyük Türk, Böyük İslam Ahak ve Manaviyatını, Tasavvuf ideallarını ifade edir, çağdaşlarını ve gelecek nesilləri Humanizm-insansevərlik ideallarına, birlik, vahdet sırlarına aparacaq hikmətləri kovuşmağa çağırırdı.

2. Əli Handinin ǧazellerində mana sırları: Ürfan aləmində Gəzel Şeyrin Sazıdır.

Əli Handi --Ürfan şairidir: o, mana gəzeli yazırdı və Handi o ma’na gəzeline irfan aydınlığı verirdi: gəzəlin ma’na aydınlığı onun düşünce və duyğularının aydınlığıdır.

Gəzel, əslində,-- Ürfan şiiridir. Bizim nəzarimizcə, **Gəzel Şeyrin Sazıdır**. Sazla Ürfan düşüncələri, aşk bəğlilığı bağlanar: mehbəbet hankı tellerlə bağlanmaqdırsa, gəzel şiiri də aşikin ruhunun, aşikin aşk bəğlantılarının vəsfını o tellerlə verir: vəsfa –Sevgiliyə vəsf koşur, sırda sırda bağlayır. Kendinədək yaşamım mutasavvıflar gibi, Handi də arifi kendi sevgilisine kovuşturmaq vəcdlərini-hayratlarını ifade edir. Ve bütün ariflər aləmində: habele Handinin poeziya-hikmət dünyasında **İrfan- insanın aşkını dərinləştirən bir Deryadır**.

Ürfan “inna lillahi va inna ileyhi raciun” ilmidir: vahdet nərəyə aittir-şimdi malum oldu: “inna lillahi”dən “inna lillahi”yə. Eger irfan yolunu tapsan, “inna ileyhi raciun”u anlaya bilərsən. “inna lillhi va inna ileyhi raciun”-nu anladığına görə Handi şöyle söyleyir:

Zübde-i tərkib-i insan benəm

Mefhum-ı rumuz-ı Kur’an benəm.

- insan tərkibinin- mayasının cövheri-kaymağı benəm,

Kuran rəmzlərinin—ma’na işarələrinin sözü benəm.

Benlik zənnətməsin ǧafillər,

Hakikat-ı kəlamə bürhan benəm.

-Gafillər- habərsizlər: kafletdə kəlanlar bunu benlik zənnətməsinlər:

Kəlam hakikatlarına dəlil- sübut benəm.

Suretde insanım, siratdə Rəhman,

Recm-i Bismillahdə şan benəm.

Suretde-varlıq aləmində insan, ma’na aləmində Rəhmanam: burada “inna lillahi ve inna ileyhi raciun”-biz Allaha məhsussuk və ona döneceyik: yəni biz vahdetimize məhsussuk: Vahdet Rəhmana kovuşmaq, onda var olmaq Mərifətidir.

Rəhmət benim mayəmdə fəzl-ı Həkk,

Fəzlü’llah rəmzinə bəyan benəm.

-ben Rəhmətim: mayəmdə Həkk fəziletləri var.

Ben Fəzlullah rəmzinin- Allah’ın fəzlının (fezl- dəyər, leyagət, fəzilet, üstünlük, mərhəmət, həyır, bərəkət) ma’na işarətlərinin bəyanıyım.

Çok söylemem kelimemi sufi,

Netice-i ‘ilm ü ‘irfan benem.

- sözü sufi gibi çok gizli, örtülü- perdeli söylemem: bütün söylemlerde ilim ve irfanın neticesi-sonucu benem.

Tifi iken söyledim beşikde sözüm,

Bu remz ile sırr-i Sübhan benem.

- Uşaq-cocuk iken sözümü beşikde söyledim: Hz.Isa (a.s.) gerçeği söylemek için çağa iken konuştu: ben de gerçeği bildirmek için söyledim.

Bu işare- sübut remzlerle Sübhanın-yaradanın sırrı benem.

Benem ayine-i varidat-ı küll,

Handi maksud-ı ins ü can benem.

(Gazel 148: seh. 183)

Bütün varidatın-Allahın bahışlarının ayinesi benem;

Yani bende tecessüm edir bütün verilenler-varıdat;

İnsanların ve cinlerin isteği, arzu ettiyi benem;

Onların bana ihtiyaçları var, bana mühtacdırlar.

Əli Handi-nin gəzelleri böyük Ürfan dünyasının heyretamiz inceliklərinin ifadəsi bakımından Yeni Dönem Klassik Türk Edebiyatının nadir inciləri sırasında məhsusi bəçimləmə malikdir.

Əli Handi gəzel, muhəmməs, müsəddəs, tərəcibənd, təhmis kimi klassik formalarda zərif incilər düzmuşdür. Handi, ümumən, Azərbaycan türkcəsində, farsca şiirlər yazmış, Türkce Divan, farsca Divan’ca bağlamışdır.

Əli Handiyədək Doğu Anadolu yüz-yüz illər boyu kəndi İrfan dünyasının ideallarını yayırdı. Handi də o ideaların işığından işıqlar almış və o işıqlardan kəndi zamanına ayna-güzgü tutmuş, irfani hikmətlərin sihrini də o güzgüləndən əks etdirmişdir. Hər şeydən öndə, Əli Handi insana müraciət edir, onu İrfan ilmini öyrənməyə çağırır:

Arif ol, adəm isən, gəl bəri, insan öyrən,

Nüktə-i ‘aşka kədem bas, yürü ‘irfan öyrən.

-əgər insan isən, arif ol, bizi-yakına gəl, insanı,insanlığı öyrən: kəndini öyrən.

Aşk nüktəsi ələmine və məkanına kədem bas-ayak koy, kafletdə kalma, yürü- irfan öyrən (bu anlamda: İrfan insanı öyrənmək, insanı kəndinə tanıtmək ilmi, insanın kəndini dərk etməsini anlatmaq marifətidir.

Var mı destində sənin bir sənəd-i katı’a ya,

Okugıl ‘ilm-i ledünni, yürü Kur’an öyrən.

-əlinde katı’ sənəti ilə yapılmış kağız oyması əsər varmı,

əgər varsa, təsəvvuf ilmini-İlahi Aşk-vahdet ilmini oku, gəl- Kuran öyrən.

Bas əgüb dəməni-i mürşidə niyəzi kəsme,

Kalma iblis kimi, ta’at ü erkan öyrən.

Mürşidin etəginə-önünə baş əgib niyəzi- kəsme,

Niyazı-dua etmeği kesib iblis gibi kalma, taet-iman-adeb, ahlak-marifet-vahdet yolunu örgen- o yola kovuşmak faziletine bağlan.

Secdegah eylemeyen suret-i Hakkı görmez

Hakk yüzün görmeden evvel yüri, iman öğren.

İtaetde degilsense, demeli, takebbürdesin iblis gibi: iblis gibi tekebbürdesense, secdede degilsen, secdede degilsense, besiret gözün, hakk gözün, akıl, kalp gözün bağlıdır; ve: besiret gözün bağlı ise, dahi neyi göre bilersin ki, hele bir Hakk yüzünü de göresen? Böyle ise Hakkın varlık yüzünün sırlarını göremezsın; Hakk yüzünü görmek için git iman örgen. Çünkü imansız hiçbir ışığı-nuru göremzsın- nuru göre bilmideikce akıl ve kalb korluğundan kurtula bilmeyeceksın; akıl ve kalp korluğundan kurtula bilmemişsin, Marifet alemine-vahdet varlığına kovuşa bilmezsin.

Mazhar-ı sırrı ‘Aliye olagör vakıf-ı can,

Cane dahil olagör, vuslat-ı canan öğren.

--Mazhar-ı sırrı ‘Aliye- Hz. Ali (a.s.) sırrına bağlan, onu anla, ona kovuşmağa nail ol ki, can sırrına kovuşa bilesin.

‘Sırr-ı Ali- yani yalnız Hz. Ali’ye mahsus olan sırrı. Hz.Ali’nin sırrına vakıf olmaq, onu anlamak irfan bağlantısının marifetindendir. Hz. Aliya aid olan sırrın şu hikmete bağlı olduğu söylenir: “İslamda— kainatın sırrı ‘Kuran’da; ‘Kuran’ın sırrı besmelede (Bismillahir-rahmanir-rahim-de); besmelenin sırrı ‘be’ harfinda, ‘be’nin sırrı altındaki noktada, noktanın sırrı ise Hz. Ali’dedir” (Handi (2): seh.202).

Cana vakıf olmak için Hz.Ali sırrına bağlan. Bu sırra bağlan ki, Vahdetin vahdetine, sevgiliye, Canın hikmetine, fezline vakıf olasan: onu anlayasan; çünkü onun sırrının şerefini görmeden Can sırrına yakınlığa bilmezsin; CanCana yakınlığa bilmedinse, Vahdet’e nasıl yete bilersin? Ve o sırrın menziline dahil ol ki: Cananın vaslına(vüsalına, vahdetine) irişe bilesin: vahdet sırrına kovuşa bilesin.

Sabit ol, vade-i ikrarda da sabit Handi,

Zahida, gel beru öz canına canan öğren.

Feilatün (Failatun) Feilatün Feilatün Feilün (Fa’lun)

(Gazel 167: seh.202)

Sabit ol, yani değışken olma. Handi ikrar- tasdik vadesinde sabittir. Gel sen de igrar-tastik mekan-magamında değışme-sabit ol.

Ey zahid beri gel- yakına gel, öz canına canan örgen.

Gazelden çıkan ideya-son mantik-mana: bu takdim-tarif edilenlere çatmasan, yetişmesen kamil insan olamazsın.

Əli Handinin lirik kahramanının gönlü Vahdet gönülüdür. Bu Vahdet bağçasında Handinin gönülü, kendisinin dediğı gibi, “hane-yi ahbabdır”- dostların evidir:

Hanegah-i çah-i gönlüm hane-i ehbabdır,

Her biri ol haneye bir şevkile eshabdır (seh.65)

(Onların) her biri o şevkle –şiddetli bir istekle evin eshabı-hemsöhbleridir.

Ürfani ilim İlahi Maftunluk ilmidir: maftunluk sufizmide kendini anlama ve bu anlamın Allaha olan aşk vahdetine mansup olmaktadır.

3. Əli Handinin şiirlerinde, hikmet aleminde Ma'na İrfandır, İrfan da Ma'na.

Bütün Tasavvuf poeziyasında ma'nalar kendi kendini aşkar edir: aslında manalar-en aşkar olan varlıklardır: aşkar olana vasflar ile mana incelikləri düzülər-boyunbağı incilerinin düzlüşü gibi.

Əli Handi ifadəsinin digər bir köşesi- vasf etmedir: Vəsf - Handinin irfani türküsüdür: bu vəsf ruhun məkan və məskəninə laylalarını dilə gətirir.

Tasavvuf lirikasında Vəsfetmə mənaların əlamət və nişanlarını, rənglərini açmadır. Handinin klassik bağlılığının ruhu bu nişanlara, əlamətlərə, bu əlamətlərdəki əlamətlərə, yəni həm əlamətə, həm də əlamətin əlamət-nişanlarına məhsusdur. Bu anladada nə qədər anamlar yatır: bu yatımlar Handinin poeziyasında Manaların məhsusi irfani sirləridir: bu sirlərin vəsf-vüsəl-aşk-can-canan vahdetində bəyana mühtac manalar vardır;

Və bu özəllikdə daha bir incə özəllik: manalar onun vəsfından qidalanır: bələ desək: mənə mənə yaradır, akar sular kimi kendi nehrinə sığışmır, özünün mənsup olduğu məkana, İləhi kudretin İrfan daryasına kovuşmağa doğru gedir.

İrfan məktəbini bitirmedən həqqın feyzini kəndində yaşata bilməzsən.

Gəzəllərinin birində şöyle diyor:

Məktəb-i irfane gəlsün feyz-i iman istəyən,

Okusun ilm-i ledünni 'ilm ü 'irfan istəyən.

İman bəreketi, iman feyzi-lezzəti istəyən İrfan məktəbinə gəlsin; ilim və irfan istəyən irfan ilmini okusun.

"İlm-i ledün- tasavvuf ilmi mənasındadır: Allaha sevgi ilə insanda yaranan vəcd, həyranlıq və ilham ilmidir: insan onunla kamala yəter, kəndini dərk edər, həqiqətləri dərk edər, kəndini anlaya bilər. Ledün ilmi ələ bir ilmidir ki, məsələn, "kəndi sirləri və işlərinə aidiyyəti bəlgəyi əncək Allah bilər və peyğəmbərləri öğredir. Mürşit Allahdan ilham alıyorsa, bu ilmi öğrənə bilər" (Hərid Fəda: seh.202).

Həm həyat-i cavidandır sözlərim bin mürdəyə

Bənə gəlsin çeşməsar-ı ab-i həyvan istəyən.

Sözlərim min ölüyə əbədi həyattır; dirilik suyu çeşmələri bəndədir, əbədi yaşam istəyən bənə gəlsin. Handinin sözü irfan sözüdür: irfan sözü can verən, nəfəssizə nəfəs verən sözdür. Şairin lirik kahramanı bu irfan bağı, ruhani varlığı içərisində yaşayır, onun ilim bağçasında əbədi dirilik çeşmələri var.

Zülmət-i tendən İskəndər kimi çıksın Hızır ilə,

Nutkuma tutsun kulak, vahdetdə bürhan istəyən.

Bənəm dirilik çeşməmdən içsin ki, hızır ilə zülmətdən çıksın: vahdetdə sü-delil istəyən bənəm sözlərimə, söylediklərimə kulak versin..

Hər nəfəsdə can vardır-kesr edən katil olur,

Bir nəfəs kesr etməsün ol cismine can istəyən.

Hər nəfəsdə can var: o nəfəsi kəsmək istəyən katil olur; kəndi cismine can istəyən kəmsə gərəkdir bir nəfəsi də kərməsin.

Bakmasın gönlündən artıq, gəyridən gəçsün dahi (dexi),

Kəndi özün saf kəlsin cəndə cənan istəyən.

Gönlünden artık-yani gönlünün kabul etmediğine bakmasın, gönülden gayrı ne varsa, hepsinden uzaklaşsın: yani kendini saf tutsun, pak saklasın: canda canan istegen gerek “kendi Öz”ünü- menlik, mana mansupluğunu saf saklasın.

Her şükufe bir ma’nide açılmış gönçedir.

Handiya, divanıma baksın Gülüstan isteyen.

(gazel 169: seh.204).

Her bir gül-çiçek maénide- manalar aleminde- manalar bahçasında açılmış gönçedir: handinin manalar düzümünde açılmasını bekleyen gizli-gizli gizlinler vardır: o gizlinleri gerek göresen ki, mihre kovuşasan: bunun için gerek basiretin ola: basiretin ola ki, kendini de göre bilesen: en kor adam odur ki, de kendini göre bilmez. Hz. Alinin bir sözü var: “Görmek yalnız gözle olmaz, görünüş baxanı aldada biler”.

Əsl görünüm hankı görünümdür? Əlbette, eglin ve kalbin gözü ilə görmək görünümü. Peyğəmbərimiz Muhəmməd sellallahu eleyhi və alihi və sellem-in miracını vəsf edərkən böyük Azərbaycan şairi Nizami Gencevi yazırdı ki o, Allahı ‘aqlın və kalbin gözü ilə gördü’. Bu, bəşərin irfani görümüdür: eglin və gelbin gözü ilə görmək irfani ilmin hikmətlərindən biridir. Deməli, irfan ilmi peyğəmbərimizin (s.e.v.) ilahi nimətlərə yetişmək ilmidir. “Kurani-Kerim”in nazili ilə bu ilim gəldi, formalaşdı, tamamlandı.

4. Əli Handi Təsəvvüfündə Ürfan-mənalər dəryasıdır.

Mərifət, Eşq Səmasında Ürfan – Təsəvvüf ələmində Şəxsləndirilən A.iqdir. Ürfan-Aşiq - geniş yayılımları, uca simaları, dərin dəryaları olan bir ələmdir. Və İrfan ələmdə ələmdir. İnsanın dahilində kendindən böyük ələm var: o ələm dərinləşdikcə dərinləşən, böyüdükcə böyüyən ələmdir: onun kapıları bir-birinə açılır, gerçəkliklər, əsl anlamalar-dərkətmələr oradadır: onlara ulaşmaq üçün gerek kapıdan içəriyə gire bilesən. Çünki kapılar bir-birindən gizlin sirləri saklayan menzillərin girişidir+ hər kəs o kapılara yaxın düşə bilmez və hər kəs dərin-dərin dəryaların təkindəki dərinliklərin yolunu tapa bilmez.

Sözlüklərdə irfan şöyle anlatılır:

Ürfan -is. (fa;ni) Ar. 1.Bilme, anlama, sezme, kültür. 2. Gerçəğe ulaştırıcı güclü seziş, vars, varislik (Türkçe sözlük, Ank. 2005:s.979).

Yahut:

Ürfan (ar.) 1) bilme, haberdar olma; 2) tasavvufda-Allahı dərk etmə manaları taşıyır. (Ereb və fars sözləri lüğəti. Bakı,1985, seh.255).

“Ürfan-biliş, kavrayış. Tasavvufda irfan kendini bilmektir. Bu da aşk ilə əldə edilir. İrfan sahibinə isə arif denir” (Harid Fedai: seh.204)

Bizim yanıttımızda Ürfan:

Düzdür, bu anlatımların hepsı doğru, lakin geniş və ehateli deyil.

Ürfan- insanın ruhani mə’ninin denizidir- İnsanın kendini anlayıp tapmaq ilmidir; o ele bir ilimdir ki, onun zatında insan kendini daha aydın görə bilir, daha aydın anlayır; onda-İrfanda Aşiq kendini sevgilisine təslim edip və kendində yalnız sevgilisinin mihrini, vəcdini - vurğunluğunu, hayranlığını, təslimiyatını saklayır: nasıl desək, Aşiq kendini unudup və sevgilisindən özge bir varlıq tanımır. Aşiq sevgilisine vurğunluğu ilə Aşk vahdetində məkam tapır. Bu, Allah sevgisidir, İlahi Aşktır. İrfan-dildir-konuşar, sözle degil, Aşkla: Aşk konuşar- sözle degil, məftun olma dilile.

Bin dört yüz yıldır ki, hikmetli sözler, edebiyat alemi onunla-Ürfan dilile nizam tapıp, onunla hareket edip, onunla yaşayıp. İrfani alemden kenar alemler puç ve fanidir. “Dünya- fanidir” diyenler cismani ve muvakketi yaşamdan başka bir nesne düşünme bilmeyi; halbuki daimi olan Alemde yaşamak için yaradılıp insan. Ona göre insan Alidir-lakin kendinden kenar olan, kendinden fani olanlar şu Ali alemin sırrına vaqif olamazlar.

Bin yıldan çoktur ki, Türk Marifeti, Türk-İslam Alemi dünyaya kendi İrfan nurlarını paylayır ve bütün Türk Erenleri Ürfan nurunun zerrelere ile beşer evladına Sevgi, Aşk ilhamları bahış edir. Kıbrıslı şair Handi de yaşittir öten bin yılın İrfan alemi, Ürfan poeziyası ile.

Öli Handi kendi Aleminin Ali makamını ifade edip.

Öli Handinin ma’na hicabları altında aşkar olmasını gözleyen-bekleyen ne kadar sırlar var. Şairin Söz Vafı ile sırlar sırlanır, manalar manalanır, batinler batin gibi, zahirler zahir gibi, yani her bir mana kendi zatına uygun halda görünür. Onun Gönlü ma’nalar alemini aşkara çıkarmağa aşiktir:

Ahval-i dilim ‘alem-i ma’naya uzatdım,

Andan öteye bezm-i mu’allaya uzatdım.

Gönlümün durumunu-ehvalını mana alemine aprdım:

Ondan da üstün olan uca aleme dönderdim

Dün meclis-i ‘irfanede efsane-i zülfin

Mecnun-sıfat mahfel-i Leylaye uzatdım.

Dün İrfan Meclisinde dastan-meşhur olan zülfünü Mecnun gibi Leylanın mekanına apardım.

Bir nutkımı bin harf ile tercih ederem hem,

Enfas-ı dilim küy-i Mesihaya uzatdım.

Bin harf demek – bin işaret, bin mane demektir.

Men bir nutkumu- danışığımı bin harf ile dile getirir- üstün tutaram-söylerem: kalbimin nefesini Mesihanın mekanına, olduğu yere gönderdim. Ne için? Nefesin dirilik nefesi olması için. Mesihanın nefesidir firilik veren, şifa veren.

Dedim o büte ohşayayım hüsn-i cemalin,

Açdım elimi mihr-i mücellaya uzatdım.

O güzele Didim, hüsn-cemalını ohşayım: onun için elimi “mihri-mücellaya

(mihri-i mücella- parlak güneş— Tecalla Güneşi: Vahdet Güneşi) uzattım.

İmla ile “illa”yı koyup “la”ya tevessül.

Handi ‘adem iklimine bir paye uzatdım.

Mef’ulü Mefailü Mefailü Feulün

(Gazel 145: seh. 179)

Yazarak “la”nın (yokun) yerine ona zıdd olan “illa”yı koydum: irfanda inkar yoktur, irfan tasdıkın ta kendisidir. Tasdik ondan tastımlandı: İrfanda inkar olmayıp, inkar irfandan kor olanların emelidir.

Ürfan Gönül ışıklarının yanmasıdır: vahdetin ışıklarını yandırmak için insan gerek kendini tanısın. ‘İnna lillahi va inna ileyhi raciun’ ayeti vahdeti ifade etmirmi? Vahdete kovuşmak için aşkın menziline gerek dahil olasan.

Handi İlahi Aşka sığınıp: Bu sığınma Vahdette kovuşmağa aparan ilimdir.

Vehdet Handi gibi aşıklerin menzildir:

Ben o bimarem Aristo çaresaz olmaz bana,

Olsa tedbir-i Felatun imtiyaz olmaz bana.

Ben o hastayam ki, Aristotel gibi alim bana çare-ilac ede bilmez:

Ben öyle bir hastayamki, Eflatunun tedbiri de bana tasır itmez.

Asitan-ı hanekah-ı biniyaz üzre yüzüm,

Ey felek, meşrep dehi naz ü niyaz olmaz bana.

Meşreb- içilen yer, içki gabı; hasiyet; heves, meyl

Raz-i ‘aşkı künc-i kenzin mahzeninde gizledim,

Sakla ol esrarı zira keşf-i raz olmaz bana.

Bende-i şah-ı mücaz idim, velikin şimdicek

İrtibat-i tar-i zülfünden mecaz olmaz bana.

Melce-i vahdet mekanıdır hüsusen Handiya

Dil gibi vahdetden artık bir melaz olmaz bana (I. Gazel)

6. Əli Handi Təsəvvüfündə Akıl və divanə vəhdəti.

Varlık varlığımızdır, yokluk yokluğumuz: her ikisinde vahdet bir mazmun var: her ikisi var olandır. İrfan poeziyasında her ikisi bir nükteye bağlıdır- meftunluk ve mecnunluk nüktesine. İkinci bir mansupluk orasındadır ki, onların manalar deryasında aki ile divane vahdettedir.

Şair Handiye göre, akıl olanın divane olmağı esas şertdir:

Zahide, ‘akil olan dünyada divane gerek,

Bezm-i huş-yarde her birisi mestane gerek.

Ğönçenin kadri bilinmez idi bülbul yağ iken,

Çünkü bir şem’e o yandı, ana pervane gerek.

Kuşe-i meykede erbab-ı harabata seza (münasip,uyğun),

Bum-ı hayret-zedeye hane-i virane gerek...(100. Gazelden:seh.131)

-- yani divanelik akıllı olmanın esas elametidir: bu anlamda, ayıklar meclisinde her kes gerek mestane-aşk mestinde olsun. Demeli, Aklın en yüksek mertebesi mest olmakdır- bu ilahi sevginin irfan mertebesidir. Ele olmasaydı, Mecnun ‘zülfe’ tolaşardı mı? Mecnun’un aklı olsaydı kanını taşlar üstüne akıtmazdı. Şair bunun ilmi poetikasını şöyle tesbih edir:

Tolaşmaz idi zülfe bari aklı olsa Mecnunun,

Akıtmaz idi sahralarda taşlar üstüne hunun (kanın)-seh.136.

Ne Leyla idi, ol Leyla ki, Mevladan utanmazdı,

Biyabane düşürmüşdi ğarib-i zar-ı meftunun.

O nasıl Leyladır ki, Mevladan utanmadan ona meftun-hayran olan zavallını biyabana-çöllere düşürmezdi.

Gözümden fark eder menzurudur ‘aynü’l yakın, amma

Güzeller anlamaz mı halini hal-i diger-gunun.

(Gazel 105-den: seh.136)

Gözümden fark eder ki, o ‘aynıl yakın’ın- yakınlık ilminin, tam, kesin olarak görünen ilmin aynıdır.

Güzeller halı bozulmuş aşikin halını bilmezler mi?

Mecnunluğa gizlin olan manalar var: yalnız zahiri görenler o gizlini göre bilmezler: onlar göre bilmediklerine göre Mecnunu derk ede bilmirler: derk ede bilmediklerine göre mana sırlarından habersiz kalırlar: mana sırlarından habersiz kalanlar da kaflette- habersizlik uykusunda olarlar: kaflette olanların irfan dünyası olmaz, ifan dünyası olmayanlar vahdete kovuşa bilmezler, vahdete kovuşa bilmeyenler başlı-başına burakılmış halda olarlar.

Mecnun kendinden memnundur. Onun sevgilisinin vafına söz yetmez: sözler onun camalının karşısında suskun olarlar, nasıl deyerler, sözlerin dili-nitki tutular onun önünde. Onun ay camalının büyük sihri Kerim- comert olanın aynasıdır: camalın nurlarından ışık alıp o ayna-aynalanıp. O camalın her zarrası bir işaretdir, menadır ve o işaretler cem olub o aynanın camalında:

Ay cemalin nusha-i kübrası mir’at-ı kerim,

İki kaşın satrı Bismillahi Rahmani’rrahim.

Bu manalarda sufızımın ramz, işare sırlarını açan alametler var: bu, Hurufilik ilminin mana gizlinlerinden olan bir manalandırmadır. Bütün tasavvuf alimleri o işaretlerin, harfların mana sırlarına mansub oluplar: o sırların okunuşu da sırlıdır, mana bilgileri de.

Gözlerin ‘ayn-ı ‘Alidir, iki gamzen Zülfikar,

Sure-i Kevser kelimından tefasirü’l-kadim.

İki kaşın arasında Rahman ve Rahim’in adı ile yazılıp: ona göre de o sima, sure-camal yalnız vasfedilmelidir. Bitin kadim tefsir kitaplar “Kevser” suresinin kelimından- hayırlar eta edilmeginden aydınlanıp.Gözlerin Ali”nin gözüdür, ıkı gamzen- remzleri bezeyen işaren ikiuclu Zülfikardır.

**Nice bin Mensure zülfin bes “Ene’l-Hakk” söylerdir,
Sure-i Yusufdan aldı ma’ni-i mislü’l-adım.**

Zülfin ele bir sihrdedir ki, nice bin Mensure “enel-hakk”- hakk benem söylerdir. Adım okşar manaları ‘Yusuf’ suresinden aldı.

**Mihr ü mehden ifzal olduğun seni isbat eder,
Beyyinat ile bülendi sendendir fasl-ı ‘azim.**

Senin sen olduğun mihr ve mehden lutuf edildiğini, bağış edildiğini seni isbat eder. Büyük bir bölümün delili ve yüksekliği sendendir.

**Handiya, ayat-ı hüsnün okurum Ümmü’l-Kitab,
Ande gizlendi ‘ümumen vahy-i Kur’an-i Kerim.**

**Failatün Failatün Failatün Failün
(Gazel118: seh.150)**

Ey Handi, hüsnün ayetini-möcüzünü, sırrını okurum-senin hüsnün “Ümmü’l Kitab”dır. Senin hüsnünde gizlenip “Kuran-i-Kerim”in vahyleri.

Handi manaları manalandıran, sözleri sözlendiren şairdir: sözü söylenür, manalar manalanır onun irfani hikmetlerinin tarannümünde.

NƏTİCƏ

Handi Bolqarıstanın Zağrada məkanında doğuldu, Kıbrısdə yaşadı

Digər şairlər kimi, Salik Ordubadi və Handinin Divanları ilə Kıbrıs/Kıpr, habele Anadolu, Azərbaycan Divan Poetikasını vahidlik-bütövlük klassikasıdır.

Handi ve klasik mahsusluk. Handi-nin gazelleri böyük İrfan dünyasının heyretamiz inceliklərinin ifadəsi bəkimindən Yeni Dönem Klassik Türk Edebiyatının nadir inciləri sırasında mahsusi deyere malikdir.

Handinin gazellerində mana sırları: Onun poeziyasında Manaların mahsusi irfani sırları vardır; daha bir özəllik: manalar onun vafından gıdalanır: bele desək: mena mena yaradır, akar sular gəbi kəndi nehrinə sığışmır, özünün mansup olduğu məkana, İlahi kudretin İrfan daryasına kovuşmağa doğru gedir

Akil ve divane vahteti: Şaire göre, akıl olanın divane olmağı esas şertdir (seh.131); yani divanelik akıllı olmanın esas elametidir: bu anlamda, ayıklar meclisinde her kes gerek mestane-aşk mestinde olsun. Demeli, Aklın en yüksek mertebəsi mest olmakdır- bu ilahi sevginin irfan mertebesidir. Ele olmasaydı, Mecnun ‘zülfe’ tolaşardı mı? Şair bunun ilmi poetikasını şöyle tesbih edir: Tolaşmaz idi zülfe bari aklı olsa Mecnunun,

Akıtmaz idi sahralarda taşlar üstüne hunun (kanın)-seh.136.

Söz ve mecnunluk: Handinin poetikasına göre, Söz irfan aleminde sirleri vasf eden varlıktır ve Söz aşka vakif olanların can yoldaşıdır

Cananın aşkı şairi “Mecnun mecnun syledir”; mecnun gəbi söyledirse, demeli, kendisi mecnundur: mecnun hem de şair olan demektir: Mecnun kəndi irfanında alemin nekşini gören aşiktir.

Kendine kovuşma: Handi kendinin irfani bağlantısını daha aydın anlayır: kendinin söz söylemek zerifliyinin aşikin vecdine bağlı olduğunu derk edir:

Şairem, hem her sözüm bir dürr-i meknun (parlak inci) söylerdir (s.93)

Handi mecnunluğa kovuşan şairdir.

KAYNAKÇA

Kuran’i Kerim.

Hz.Ali ibn Əbitalib(1992). Nehcul-Belağə “Sabah” Yayınları, Bakı.

Handi Divanı. Gazeller (2003). Hazırlayan Harid Fedai (2003. I. Baskı: Lefkoşa, Kıbrıs.

Fedai, Harid (2003). Önsöz. Handi Divanı. Gazeller.

Fedai, Harid (2003). Giriş. Handi Divanı. Gazeller.

Türkçe sözlük, Ank. 2005:s.979).

Ereb ve fars sözleri lüğeti. Bakı,1985, seh.255

Əbülfəz Əzimli. Təsəvvüf ədəbiyyatı. Əsərləri, 10 cildə, III cild. Naxçıvan, “Əcəmi” 2021.

TÜRKÜN YENİ DÜNYADA YENİ ZAFER KALESİ –ÇANAKKALƏ İRADESİ**DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ**

ORCID: 0009-0001-1327-3425 ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prizə & India- Birliyinin Yönetici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eyitimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery`s Ange`ls Internacional Qroup üzvü; Poetas Intergalácticos-üzvü; World Peace Literature Academy-nin yönetici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-BÜTÖV AZERBAIJAN

Özet

Yüz yıl önce dünyanın en vahimeli mekanı idi Çanakkale. Deniz Derya vahimesinde idi, Kara Kara vahimesinde. Denizden düşmana karşı kazeblar rüzgarları esirdi. Karadan kara-kara kasırgılar gelirdi.

Dünyanın vahşetleri git-gide yakınlaşırdı; insanlar sanki insan olduklarını yadlarından çıkarmışlar; insan olmak, yaşamak için bir-birlerini katle yetirmek mi gerek idi? Bu vahşetler normal ağıl ve mentikten uzak idi. Sanki dünyanın sırtına daha kuduz bir selib barbarlığı yüklenmiştir;

Böylece, yüzyıl önce Çanakkale’de Yerlerle Gökler bir-birine karışmıştır: Harbe Boğaz olmuştur. Harp Dünyanın boğazına direnmiştir: Dünyanın boğazı tıkan ha tıkanda idi. Harp harp doğururdu: düşmanlar Boğaz’da Türk’e harp meydanı açmak için en gülcü devletler şeklinde birleştiler.

İtilaf devletlerinin her gün artan hücumları ve Çanakkale direnişi.

Düşman baskılarından vatan dağlarının-taşlarının, sularının –çaylarının rengi de bozarırdı; düşman mekrinden geyze gelirdi dağlar-daşlar, bomboz oluyordu çöller; ormanlardaki ağaçlar yaprak-yaprak saralıyordu. Neden? İnsan denilen o cellat tör-töküntülerinin hayasızlığından ve kaddarlığından.

Çanakkale’de akşamların munisliği elinden alınıp: denizin-boğazın dalgaları daha hezin layla çalan dağlalar değil, matem ve kan dalgalarıdır. Ve Çanakkale’nin denizinde ve karasında karanlık hücumu geçmiş, ziyalar hicret etmiştir; ufukları matem ve kan dalgaları yalıyordu

Türk toprakları düşman ayaklarının sesini duyur: rahatsız oluyordu: çünkü Yerler yerlerdeki haksızlıklara, zorakılığa, iblis fitnesine, azgın düşman kısırtısına maruz kalmıştır.

Yerlerden ve Göklerden Kum gibi kaynayan harp rüzgarlarının Çanakkale feryadından vahimeli feryat yok idi.

Harp Boğazına karayara çıkmıştır; o karayaranı yok edecek Türk askerinin meydanı idi meydan, bu meydanı kum gibi kaynayan ve akan rüzgarların renkleri sararmıştı.

Sanki yerler öz Yer rüknünden çıkmak üzere idi Çanakkale’de.

Yer özünde değildi o zamanlar. Gök öz ışığında ve karanlığında idi, çanakkale’de gök de karanlık idi, Yer de. Karanlıkları yarmak-Gök ışıklarını Yer’e getirmek gerekirdi: Türkün zafer atları koşurdu düşmanı ayaklamak için. Gökler zafer halinde idi: Gökler de, yerler de Türkün Kahramanlık Halında, Şehitlik zaferinde idi.

O zaman Can kalesi idi Çanakkale; Gök kalesi idi Çanakkale, Yer Kalesi idi Çanakkale, Türkün Yeni dünyada yeni Zafer Kalesi idi Çanakkale.

Ve Çanakkale ile Türkler Gök zaferi çaldı: Yer zaferi çaldı. Zafer zafere karıştı: şehitlikten dünya özünün Türk rengine döndü: Türk rengi Çanakkale’de şehitlerin Mezar rengine büründü...

Türkün Mezar renki—Zafer renkidir

Anahtar Sözcükler: Çanakkale Boğazı savaşları, Çanakkale Şehitleri, Çanakkale Zafer Kalesi

AT THE THROTTLE OF THE WORLD THE WAR AROUND OF ÇANAKKALE AND THE VICTORY OF THE TURKISH ARMY SUMMARY

Assoc. Professor EBULFEZ EZİMLİ

Hundred years ago Chanakkale was the most dreadful place of the world. Sea was in its Sea dread, shore in shore dread. Winds of rage were blowing against enemy from the Sea, black storms from the shore. War terrors approached gradually; As if people forgot their beings; was it necessary to kill each other for being human or living? These terrors were out of normal mind or logic. As if world faced the most terrible Salib barbarism.

So, hundred years ago everything got mixed in Chanakkale.

World was face to face with war. War made war; Enemies joined as the most powerful states for making war against Turks in the bay. Day by day increasing attacks of enemy states and Chanakkale endurance.

Everything—mountains, Stones, waters, rivers changed their colour from enemy attacks, fields, trees in forests turned yellow. Why? It happened because of human cruelty.

Chanakkale evenings lost their favour, waves of sea are of grief and blood waves instead of gentle ones. Darkness dominates in Chanakkale Sea, brightness has left, horizon was covered with grief and blood waves.

Turkish lands worried of enemy sounds because they faced of injustice, violence, devil instigation, wild enemy shout.

The Earth was out of order at that time. Darkness was in the sky. In Chanakkale everywhere became dark. It was necessary to lighten the Earth; Victory horses of Turks were rushing for enemy oppressing. The sky was in the case of victory. Both the sky and the Earth was in the case of heroism, martyrdom of Turk. At that time Chanakkale was living fortress, Earth fortress, new victory fortress of Turk in modern world. And with Chanakkale Turks gained victory of Sky and Earth.

Victory made Victory; world changed its colour to Turkish colour.

Grave colour of Chanakkale martyrs covered Turkish colour.

Turkish grave colour – is victory colour.

Keywords: Chanakkale Strait Fights, Chanakkale Martyrs, Chanakkale Victory Fortress

GİRİŞ:

Tarihi Arayış-Malumat: Mekan ve Mekan

Dünyanın Boğazlar denilen merkezleri de vardır. Boğazlar-- İstanbul Boğazı Karadeniz kapısı, Çanakkale Boğazı ise Ege Denizi kapısıdır. Umumen, her ikisi Vatan kapısı, Türkün, bütün İslam dünyasının eminlik kapısıdır.

İstanbul ve Çanakkale Boğazları Kadimden olduğu gibi, Yüzyıl öncesinde de düşmana- Avrupanın İhtilaf, tecavüz kuvvetlerine karşı müdafie savaşlarında Vahdet Kapıları idi. Her iki Mekan Dünyanın Mihver Boğazlarıdır. Dünyanın mihveri bozulursa, nizamlar pozulur; nizamlar pozularsa, vahşetler baş kaldırır; vahşetler baş kaldırırsa, milletlerin istiklalı ve istikbalı yok olup gider.

Canakkale ile İstanbul Boğazları dünyanın mahver yaratan nokteleridir. Suların ve kar anın--toprakların bir-birine bağlanan mekanlarıdır Çanakkale ve İstanbul Mekan Boğazları.

O zamanlar dünyanın yeryüzü de Çanakkale idi, Gökyüzü de; Kara yüzü de Çanakkale idi, Derya yüzü de. Ve o zamanlar da neler olduysa, hepsi yeryüzünden başladı: Deyalar da yeryüzüdür, Karalar da. Deryaların ve karaların tekinden vahimeler kalktı, mekanları ağışuna aldı ve her yer ve her şey—kara da, derya da muharibe renginde idi.

Bir malumatta değildiği üzere: *“Her iki boğaz, klasik ve dar çerçevede sadece Akdeniz’i Karadeniz’e, Avrupa’yı Asya’ya bağlayan su geçitleri ya da köprüler değil, Akdeniz’in öteki önemli su geçitlerinden Cebelitarık ve Süveyş kanalı ile de bütünleşerek, dünyanın büyük denizlerini (Atlas ve Hint okyanusu gibi) ve büyük kıta kara parçalarını birbirine bağlayan, daha geniş anlamdaki jeopolitik konumuyla, dünya siyaset ve iktisadiyatı üzerine olan etkilerini bu gün de korumaktadır. Bu nedenlerdir ki, Türk Boğazları, uluslararası ilişkilere yön vermede daima odak noktası olmuşlardır”* (Çanakkale Savaşı. Vikperedi, özgür ensiklopedi)

Bütün bunlara göre idi ki, **XIX yüzyıldan beri, XX esrin evvellerinde de dünyanın siyasi ve coğrafi mekanları deniz fırtınalarına benzer harp kasırgalarıyla yüz-yüze gelmiştir.** Çanakkale ve İstanbul Boğazları ile Denizler Karalara, Karalar Denizlere bağlanmıştır; *bu yerlerde karalar denizlerden başlıyor, denizler de derin-derin yer deryasından ve gök deryasından.*

Ve Yüzyıl önce dünyanın mihverini döndermek kastıyla Avrupanın zalim zümreler birleşip Türk-Müslüman toprakları ve denizleri üzerine yürümeye başladılar: başka cür desek, mahsusen, Osmanlı imperiyasını diz çökürtmek, Türk-Müslüman dünyasını işgal altına almak amaçları ile dünyanın en güçlü orduları Türk boğazlarına hücum planları hazırladılar. Boğazları, denizleri, hususen İstanbul’ ele geçirmek için tecavüzler günbegün yakınlaştırdı; nasıl diyerlr, belalar hayatın içerilerine doğru yürüyordu.

Çünkü Avrupa’nın gözünü kan örtmüştür. Kaspkarlık ve antiislami püskürtüler Avrupa’nın harp ihtiraslarını alevi sönmez bir hala getirmiştir. Alev hem de kendi kendini yandırır, kül eder...

1. Harp Harp Getirer.

Kaç yüzyıldır türk dünyasının Osmanlı nefesinde bir tengimek var idi: neticede, “bizim için artık fethedilecek yeni vatan parçaları değil, sınırları ve hatta varlığı korunacak bir vatan söz konusudur”(Necat Birinci, Ön Söz, seh.IV).

Çanakkale Savaşı Dünyanın fesad və vehşet eybi idi. Mehmet Akif Ersoy (20 Aralık 1873- 27 Aralık 1936) bu vehşete sebep olmanın müqeddimesini “Çanakkale şehitlerine” vəsfinde teqdim ederken böyle deyir:

**Şu Boğaz Harbi nedir? Var mı ki dünyâda eşi?
En kesîf orduların yükleniyor dördü beşi,**

**Tepeden yol bularak geçmek için Marmara'ya-
Kaç donanmayla sarılmış ufacık bir karaya.**

**Ne hayâsızca tehaşşüd ki ufuklar kapalı!
Nerde -gösterdiği vahşetle- "bu: bir Avrupalı! "**

**Dedirir -yırtıcı, his yoksulu, sırtlan kümesi,
Varsa gelmiş, açılıp mahbesi, yâhud kafesi!**

(M.A.Ersoy. Çanakkale şehitlerine

<https://www.antoloji.com/canakkale-sehitlerine-siiri/>)

Bir imperiya seviyesinde-genişliğinde olan bu tengnefeslik Hristian dünyasını ruhlandırdı, onu daha da şirniklendirdi: dünya yeni bir selib yürüşü- selib baskınları ile yüz-yüze gelirdi; bütün Hristiyan dünyasına kültür, ilim, meneviyyat, ahlak dersi veren Türkler, müslümanlar nece olur ki, böyle bir kin ve nefretle karşılaşılır: sekiz yüz yıldan artıktır ki, Avrupa, hristian alemi selcukların, Osmanlı dünyasının edeb ve erkanına, humanizmine sığınmışlar; nece olur ki, Fatih Seltan Mehmet'in adaletine ve humanizmine sığınan halklar zalım ve zulumkar Hristian başçıların daha yeni bir fitnesi altına düşürler?

Türk edaleti ve humanizmi, İslam medeniyeti-maneviyatı altında bir insan gibi firavan hayat süren geyrimüslimler birden-bire barbar bir selib akını içerisine sürüklenirler. Türk-Müslüman alemi hristian dünyasının kin ve nefreti ile yeni bir müharibe ihtiraslarına ürcah olurdu? Avrupa İslam ilminin kudretile medeni hayata kovuşmakta idi; beşer evladı bir-birini sevmek, bir-birine ihtiram göstermek, gayü beslemek gerektiği halda, yeni vahşetler üretmeğe başladı.

Halbuki Azerbaycanın büyük tasavvuf alimi Şihabeddin Yehya Sühreverdi'nin dediği gibi, "insan evlatları intikam hedefleri değildir" (Sühreverdi Ş.Y.;1990: 21).

Öten zamanların lakeytliliğinden idi ki, her yıl yeni-yeni mekanlar kayb edilir, düşmanlara fırsatlar verilirdi. Budur, Balkanlardan uzaklaşan Osmanlı türk askerlerinin yerini Türke düşman münasibeti besleyenler tuturdu. Bütün Balkanlara, Avrupa'ya yüz-yüz yıldır himayedarlık eden, medeniyet, elm maşelleri yandıran Türklerin sıkıştırılıp çıkarılması için düşman fırsatlar gözleyir-bekleyirdi. *Harpın yeni harp düğünleri-ilgekleri vuruldu: o ilgekleri türk mekanlarının boynuna dolamak ihtirası ile alışıp yanırdı düşman.*

Harp bütün tecavüzkar insanların ve onların mansup oldukları imperiyaların içindedir.

XX. esr başlar-başlamaz, Muharibe felaketleri Dünyanı ağışunu almaktaydı: Müslüman-Türk mekanlarını ele geçirmek kastinde olan Hristiyan dünyası Türk mekanlarını çevreleyen bir felaket zincirleri tokumaktaydı; bu zincirlerin halkaları Kafkas'dan tutmuş, İstanbul, Çanakkale boğazlarını, İzmir limanlarını, Kızıldeniz'deki Akabe limanlarını, Basra körfezini haklamakta idi. Şudur: 40 yıldan fazla idi ki, Rusya Doğu Anadolu mekanlarını işgal altına salmıştır.

Yüz yıl önce—1914-ün kış aylarında düşmanla dövüşlerde Sarıkamış dünyanın en vahşetli belaları içerisinde boğulurdu: 90 bin Türk-İslam dövüşçüsü bembeyaz karların koynunda şehit oldular, mukaddes Vatan topraklarında ebedi uykuya gittiler, ebedi mazar oldular.

Osmanlı-Türk mekanları hem doğudan, hem de batıdan düşman hücumlarına maruz kalırdı. Ruslar daha bir yeni tepkilerle 1 Kasım 1914 günü Kafkasya üzerinden Osmanlı topraklarına yeni taarruz etti. Aynı gün İngiliz gemileri de İzmir limanlarını, aynı zamanda Kızıldeniz'deki Akabe limanlarını bombaladılar. 3 Kasımda İngiliz birlikleri Basra Körfezi'nde Osmanlı topraklarına çıkarıldılar. Ve haman gün *iki İngiliz ve iki Fransız*

savaş gemisi Çanakkale Boğazı'ndaki Osmanlı istihlarını ateş altına aldılar
(tr.wikipedia.org/wiki/Çanakkale_Savaşı)

İstanbul ve Çanakkale Boğazları'na hücum eden devletler: Britanya İmparatorluğu, Birleşik Krallık, Avustralya, Yeni Zelanda, Britanya Hindistanı, Fransa, Rusya, onlarla havadar olan İtalya ve Yunanistan da Türk-Müslüman mekanlarını ele geçirmek kasti ile dünyanı bölüştürmeğe kalktılar:

“İtilaf Devletleri ordusu değişik etnik ve dinsel gruplardan gelen askerlerden oluşmaktadır. Bu orduda İngiliz, İskoç, İrlandalı, Fransız, Hintli, Kuzey Afrikalı (Cezayirliler, Zuaveler), Avusturalyalı ve Yeni Zelandalı askerlerle Rum ve yahudi gönüllüler bulunmaktadır.

Anzak askerleri her ne kadar gönüllü olarak orduya yazılmışlarsa da İngiltere ile donminyonları arasında yapılan antlaşmaya göre bu askerlere günde altı şilinden hesaplanarak ayda dokuz pound maaş ödeniyordu. Bu haliyle Anzak askerleri gönüllüden çok paralı asker sayılmaktadır. Anzak birlikleri içinde başta Polinezya Adaları'ndan Maoriler olmak üzere Okyanusya adaları yerlilerinden unsurlar da bulunmaktadır”
(tr.wikipedia.org/wiki/Çanakkale_Savaşı).

Ve XX esrin 100 yıl bundan önceki zamanında Vatanı, Dünyanı korumak uğrunda savaşa Türk-İslam dövüşçüleri düşmeni de hayretlendiren yeni kahramanlık sahifelerini yazdılar.

II. Canakkale'ye Harp Bütün Turk-Musulman Dunyasina Harp Demek İdi.

1914-ten *Dünyanın muharibe kapıları [acilmistir](#)*; bu muharibe adi bir istek üzerine kurulan felaket değildi; Felaket iki uclu olar; bunun bir ucu salıp kendiri ile bağlanmıştır. Çanakkale Savaşında felaketin her iki uc ziciri Avrupa'nın boyun-boğazına dolanmıştır.

Ve yüzyıl önce Felaket -- Felaket üstünden gelirdi.

Şudur, Boğazlarda dünyanın yeni vahşetleri başlatılmıştır: bütün Türk dünyası, Müslüman alemleri için sanki yeni bir Kerbela meydanı yaranmıştır—Çanakkale Boğazında. Yüz yıl önce Çanakkale Meydanından büyük meydan olmadı: dünyanın kahramanlık, şehitlik meydanı idi Çanakkale meydanı.

Budur Mehmet Akif Ersoy dünya insanlarının Çanakkaleye hücum barbarlığını böyle nişan verir:

Eski Dünyâ, Yeni Dünyâ, bütün akvâm-ı beşer,
Kaynıyor kum gibi, tûfan gibi, mahşer mahşer. (1)
Yedi iklimi cihânın duruyor karşına da, (2)
Ostralya'yla berâber bakıyorsun: Kanada!
Çehreler başka, lisanlar, deriler rengârenk;
Sâde bir hâdise var ortada: Vahşetler denk.
Kimi Hindû, kimi yamyam, kimi bilmem ne belâ...
Hani, tâ'ûna da züldür bu rezîl istîlâ!
Ah o yirminci asır yok mu, o mahlûk-i asîl,
Ne kadar gözdesi mevcûd ise, hakkıyla sefil,
Kustu Mehmedciğin aylarca durup karşısına;
Döktü karnındaki esrârı hayâsızcasına.
Maske yırtılmasa hâlâ bize âfetti o yüz...
Medeniyet denilen kahbe, hakikat, yüz­süz.
Sonra mel'undaki tahrîbe müvekkel esbâb,
Öyle müdhîş ki: Eder her biri bir mülkü harâb.

Muharibe en sert yüzünü gösterdi bu meydanda; kahramanlık en yüksek pillelerine kalktı bu meydanda. Çanakkale meydanı savaş meydanı oldu. Yüzyıldır Şehitlik Makamları Meydanı, Şehitlerin Cennet Makamları Meydanıdır Çanakkale Meydanı.

Çanakkale Savaşı nedir? Çanakkale Savaşı, I Dünya Savaşının en kaynar noktelerinden biri idi: zaten müharibenin itilaf devletler tarafından en mühüm mekan-merkezi idi: Çanakkale Boğazını ele geçirmek onlar için Dünya zaferi elde etmek mantığı demek idi. 1914. yılın son ayları Çanakkale’ni ele geçirmek taktikaları hazırlanırdı ve ilk hamleler edildi.

3 Kasım 1914-te İngiliz-Fransız donanması Çanakkale’nin dış tabyalarını bombalıyor. 1915-1916 yıllarda Gelibolu Yarımadası’nda Osmanlı İmparatorluğu ile İtilaf Devletleri arasında yapılan deniz ve kara muharebeleri tarihte misli-beraberi olmayan ölüm-dürüm savaşları idi. Düşmenin plan-taktikası şundan ibaret idi: onlar--İtilaf Devletleri İstanbul’u almakla İstanbul ve Çanakkale boğazlarının kontrolünü ele geçirmek, Rusya ile güvenli bir erzak tedarik ve askeri ikmal yolu açmak amalına kovuşacaktı.

Daha bir plan: itilaf Devletler başkent İstanbul’u zaptetmek suretiyle Almanya’nın müttefiklerinden biri olan Osmanlı’nı savaş dışı bırakmak, İttifak Devletlerini zayıflatmak. Bütün bunlar için galebe çalınacak en asan mekanlar Çanakkale Boğazı hesap edilirdi. Ve böylece düşman kuvvetler amaçlarına yetmek için ilk hedef olarak Çanakkale Boğazı’nı seçtiler.

Çanakkale boğazına hücum planını kimler teklif ettiler? Bir malumatta da değildiye üzere, “Çanakkale Boğazı’nın geçilerek İstanbul’un zorlanması fikrinin İngiliz Parlementosu’nda ilk olarak 25 Kasım 1914 tarihindeki İngiliz Başbakanlık Toplantı Salonu’ndaki olağan toplantıda Churchill tarafından ortaya sürüldüğü kabul edilmektedir”. (*Çanakkale Savaşı. Vikipedi, özgür ansiklopedi*)

Düşman iki merheleli hücumlara başladı: birinci merhale Deniz harekatı, ikinci merhale Kara harekatı oldu. Bütün ciddi-cahtlere bakmayarak, on binlerle itki veren ihtilaf kuvvetleri başarıya ulaşamadılar.



Birinci merhele için “İtilaf Devletleri’nin deniz harekatı 19 Şubat 1915’te başladı. 13 Mart 1915’e kadar düşman gemileri tabyaları top ateşine tuttu”, kısa bir aranın ardından bir sonraki saldırıyı 18 Mart’ta gerçekleştirmişlerdir. Hedef, Çanakkale Boğazı’nın sadece 1 mil genişliğindeki en dar noktasıdır. Amiral John de Robeck komutasındaki aşağı yukarı en az 16 savaş gemilik dev donanma Çanakkale’yi geçmeye kalkmıştır.

Ancak düşmanın en güçlü gemileri *Nusrat Mayın Gemisi* adlı Osmanlı mayın gemisinin boğazın Asya tarafına kıyıya yerleştirdiği deniz mayınları tarafından hasar aldı, dünyanın en güçlü üç dövüş gemisi mahv edildi, diğer gemiler ise ağır hasarlar aldı. Bu, savaşın taleğini yazan bir dövüş demek idi.

Deniz hücumlarında geri püskürtülen düşman kuvvetleri kara harekatına başladı—boğazları karalar üstünden ele geçirmek için en keskin hücum planları hazırlandı.

Müharebede Britaniya İmparatorluğunun ekser sayısı 489, 000 (dört yüz seksen dokuz bin), Fransa'nın ekser sayısı ise 79,000 (yetmiş dokuz bin) idi.

Çanakkale'de Osmanlı İmparatorluğu'nun seferber edebildiği en yüksek asker sayısı Ekim 1915'te 310.000 er ve 5.500 subaya ulaşmıştır. Toplam olarak Osmanlı askerlerinin sayısı 315,500 (üç yüz on beş bin beş yüz) idi (bkz.: Edward J. Erickson: Ordered to Die: A History of the Ottoman Army in the First World War; sayfalar 94-95)

Böylece, Çanakkale Boğazına düşman saldırıları başarısız olmuş ve geri çekilmek zorunda kalmışlardır. Kara ve deniz savaşı sonucunda iki taraf da çok ağır kayıplar vermiştir (*Çanakkale Savaşı. Vikipedi, özgür ensiklopedi*)

III. Emperyalist tecavüzleri ve felaketler burulğanları.

Çanakkale boğazını ele geçirmek için Gelibolu'ya hücumlar düzenledi.kendini burulgana salırdı,,bu Çanakkale Bogazı'nda kaynayan burulgan idi

Harp püsküren kuduzların vahşetinden aydın olan aydınlıkların rengi çekilip gider, harba harb koşular, boğaz harbin akan Kanlarına bürünür. Yigit Mehmetçikler şevke gelerler—düşmanın itsine yürümekle; düşman şaşırır Mehmetçiklerin haykıran neresinden, “Allahu Ekber” nidasından; Mehmetçik şehit olma növbesinde olar; şehit olmakdan üstün bir şevk olmazdı Çanakkale sularının koynunda ve sahillerinde. Mehmetçikler Çanakkale'nin ağışuna baş koymuşlar. Toprak ta şehit idi, Mehmetçik te: şehit şehidi ağışuna almıştır:

Birleşmiş Krallık Türk ve umumilikte İslam dünyasını işgal altına salmak için iki hareket planı hazırlamıştır. 1914 yılın Eylül ayında hazırlanan birinci hareket gemilerle—denizden hucumlarla hayata geçirecektir. Bununla Birleşik işgal kuvvetleri büyük bir Donanma güçleri sayesinde Çanakkale Boğazı'nı ele geçirerek İstanbul'u rahatça işgal etmeği düşünürdüler. Plana göre, Denizden hücumlar için hazırlıklar aparıldı; hazırlıkların neticesi olarak, Boğaz'a Birleşik Krallık ve Fransa'nın gemilerinden ibaret donanmanın iri mikyashlı saldırıları 1915-in Şubat ayında gerçekleştirildi. Düşman, yaklaşık bir ay sürekli olarak Boğazı bombaladı.



Temmuz 1915 Zığındere Türk ve İngiliz Siperleri Arasındaki Şehitlerimiz

En güçlü saldırılara ise 1915. Yılın 18 Martında başlatıldı: “boğazın her iki tarafındaki Türk tabyalarının artık sustuğunu varsayan” tecavüzkarlar I. Dünya savaşının en büyük ve en modern donanması ile, hüsusen,12 zırhlı,

18 muhrip, 7 mayın tarama gemisi, çeşitli nakliye destek gemisi ve uçak gemilerinden ibaret güçlerle, hücumla geçti; lakin tecavüzkarlar ne kadar boğazı geçme girişiminde olsalar da kahraman türk kuvvetleri tarafından geri püskürtüldü; ve bütün amansız cehtlere bakmayarak, Türk yiğit dövüşçülerinin mağlubiyetine uğrayan Birleşik Donanma ve azgın kuvvetler ağır kayıplar verdi: 7 modern savaş gemisini ve binlerce askerini, kaybederek geri çekilmek zorunda kaldı; neticede, deniz hücumlarından vaz geçti.

Gittikçe gücünü artıran Birleşik kuvvetler karadan hücumlar etmek planını gündeme getirdiler. Bunun için onlar bir kara harekatıyla Çanakkale Boğazı'ndaki Osmanlı sahil topçu bataryalarını ele geçirmeği planlamışlar. Kara hareketinde düşman kuvvetlerinin sayısını artırdı: aynı zamanda

Çanakkale Boğazını ele geçirmek için kara harekatında, General Hamilton'ın malumatına göre, aşağıdaki sayıda askeri kuvvet oluşturulmuştur

Anzak Kolordusundan 25.700 əsgər.

Britanya 29. Tümeninden 17.000 əsgər,

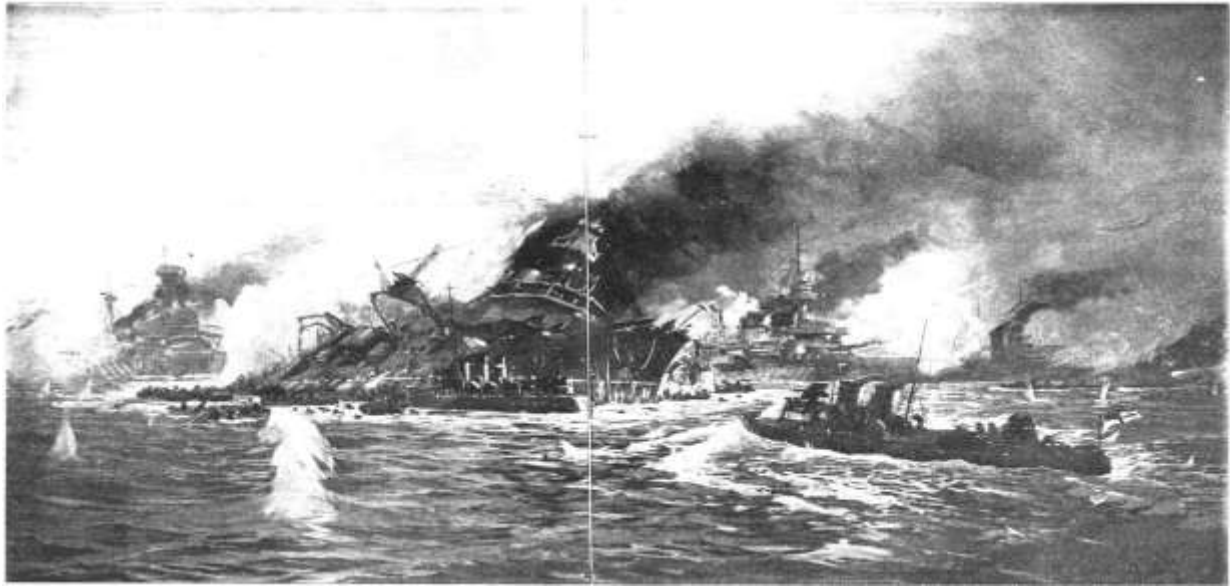
Fransa 1. Tümeninden 16.700 əsgər,

Britanya Kraliyet Deniz Tümeninden 10.800 əgər,

Anzak Tugayından 4.800 əsgər,

Toplam olarak: 75 bin kişi.

Hücumlar planını yerine yetirmek için İngiliz ve Fransız kuvvetleri 25 Nisan 1915 şafağında Gelibolu Yarımadası'nın güneyindeki beş noktada karaya çıkarıldı. İngiliz ve Fransız çıkarma kuvvetleri Seddibahir ve Arıburnu sahillerinde köprübaşları oluşturmayı başardılar. Lakin düşmanın bu cehtleri de başarısız oldu: Osmanlı kuvvetlerinin, her an şehit olmak coşkunluğu ile dövüşe atılan cesur Türk ekserlerinin kahramanlıkları karşısında aciz kalan ve ağır taarruzlar veren birleşik işgal kuvvetleri Gelibolu Yarımadası'nı ele geçire bilmediler.



Düşman gemileri kendi hallerinde deyiler, cehennem halinde idiler.

Bunun üzerine sahildeki kuvvetler takviye edilmek –güçlenmek için 6 Ağustos 1915-te Arıburnu'nun kuzeyinde Suvla Koyu'na yeni kuvvetlerle üçüncü çıkarma yaptılar.

Ancak 9 Ağustos'ta Kurmay Albay Mustafa Kemal'in dövüşçüleri düşmana aks-hücum etmekle İngiliz Komutanlığı ihtiyat tümenini ateş hattına saldı. Dövüşçüler zorlukla "sahilde tutunmayı" başardılar.

Bu hücum, dövüş Mustafa Kemal'in Birinci Anafartlar Muharebesi adlanır. Mustafa Kemal ve dövüşçüleri ertesi gün Kocaçimentepe – Conk Bayırı hattında yeni bir karşı taarruz gerçekleştirdiler: **"bu hattaki Anzak birliklerini de geri atmıştır. İngiliz ve Anzak kuvvetlerinin İkinci Anafartlar Muharebesi olarak bilinen genel taarruzları ise Osmanlı savunmasını aşamamıştır. Tüm bu gelişmelerin sonrasında İngiliz, Anzak ve Fransız kuvvetleri Gelibolu Yarımadasını 1915 yılı Aralık ayı içinde tahliye etmiştir"**. (tr.wikipedia.org/wiki/Çanakkale_Savaşı)

Gelibolu Yarımadasında çıkarma yapan düşman kuvvetlerini meydana getiren askerlerin milliyetleri son derece enteresandır. Çanakkale'ye hücumda İngiliz ve Fransızlar'ın yanısıra, Cezayir Berberileri, Senegal zencileri, Avustralyalı, Kanadalı, Yeni Zelandalı dövüşçüler ve hatta İngiltere Hindistanı'ndan Hintliler de iştirak edirdiler

Dünyanın vahşetleri git-gide yakınlaşırdı; insanlar sanki insan olduklarını yadlarından çıkarmışlar; insan olmak, yaşamak için bir-birlerini katle yetirmekmi gerek idi? Bu vahşetler normal akıl ve mentikten uzak idi. Sanki dünyanın sırtına daha kuduz bir selib barbarlığı yüklenmiştir. Düşmanın esas amacı ne idi ve ne kazandı? Şeksiz ki, esas amamc Türk ve Müselman mekanlarını ele geçirmek, Dünyanın Türk-İslam himayedalığını yer yüzünden silmek idi.

Ama düşman kuvvetlerinin kazancı ne oldu? Yüzbinlerce canlı kuvve ve bin-binlerce harbi silah-sursat kayp ettiler: bin-binlerle insanı denizler yuttu, karalar yere batırdı.

IV. "Matem ve Kan dalgaları"nın Yerlerden ve Göklerden Akışı

Yüz yıl önce dünyanın en vahimeli mekanı idi Çanakkale. Deniz deniz vahimesinde idi o zamanlar, Kara kara vahimesinde. Denizden düşmana karşı kazeb rüzgarları esirdi. Karadan kara-kara kasırğalar gelirdi.

Yüzyıl önce— Çanakkale'de Yerlerle Gökler bir-birine karışmıştır: yer yerden haykırıyordu, gök gökten;



18 Mart 1915 Bombardımanında Çanakkale Yanıyor
(Ekrem Boz Arşivinden)

sanki yer yerden kopmak üzere idi, gök gökten; çünkü ne yerin yer nefesi kalmaktaydı, ne de gökün gök nefesi: havanın nefesi kesilir gibi, yeryüzünün de nefesi nefes-nefes kesilirdi; yerler-gökler nefes alamıyordu;

Türk askeri Vatanı Kabe gibi korumak uğruna can koyurdu. Vatan ve iman aşikleri “Kendi Cenaze Namazını Kılanlar” idi. Şudur, Dr. Lokman Erdemir' in de taktim ettiği gibi, kendi cenaze namazlarını kılmağa hazır olanların destan negline benzer bir öyküsünü gazilerden biri böyle dile getirir:

“Kırte muharebeleri sırasında, bölükler arka sıralarda hücum sıralarını beklemektedirler. Ön siperdekiler ileri fırlamış boğuşuyorlar. Yüzbaşı hücum için emir bekliyor. Askerin tamamı süngü takmış siperden fırlamak için hazır. Sinirler gergin... Dudaklar kıpır kıpır dualar okuyor, kelime-i şahadet getiriyor.

Şüre uzuyor. Yüzbaşı erlere sesleniyor: "Yavrularım... Aslanlarım... Biraz sonra Cenâb-ı Rabbü'l-alem'in huzuruna varacağız. Abdestsiz gitmeyelim... Haydi! Tüfeklerimizin kabzalarına ellerimizi sürüp hep beraber teyemmüm edelim..."

Teyemmüm edilir... Bekleme devam etmektedir. Biraz sonra Yüzbaşı; "Çocuklarım... Sanıyorum biraz daha bekleyeceğiz... Önümüzde biraz daha zaman var. İleride arkadaşlarımız şehit oluyor. Hem onlar için hem de vakit varken kendi cenaze namazımızı kendimiz kılalım. Kabe karşımızda..."

Arkadan Oflu Ali Çavuş bağırır: "Er kişi niyetine..."

<http://www.canakkalemuzesi.com/defaultmain.asp%3Finc%3Dlistspoems>

Çanakkale Muharebesinde Türk- İslam ordularının zafer kazanmasında Nusrat mayın gemisinin hususi yeri vardır. Vahimeli ve amansız düşmen gemileri denizden odlar eleyirdi Türk mevkelere-- kıyılara ve şehirlere,köylere. 1915 yılının 7-8 Mart gecesinde gemi kıyıya yakın olan mesafede denizin dört metr derinliyiye 26 mayın düzdü; deyilenlere göre bu mayınlar depoda kalan son sursatlar idi. Döyüşün en şiddetli bir zamanında- düşmanın Çanakkale'ye ve diğer şehirleri çıkmak megamlarının yakınlaştığı bir vakitte , dünyanın en gülcü, neheng harp gemileri olan **Fransız savaş gemisi Bouvet ve İngiliz savaş gemileri Irresistible ve Ocean, gözlemedikleri** bir halda, mayınlara deyip suların dibine gömüldüler. Aynı zamanda İngiliz muhabere kruvazörü Inflexible, Fransız savaş gemileri Gaulois ve Suffren zedelenip devüş meydanından kaçtılar.

Şehitliğe, zafere ulaşmak megamları her sabahın ve akşamın ağuşunda idi; kovuşmak için can sevdasını terk edip, Vatan topraklarının, Büyük Türk milletinin, İslam mücahitlerinin aşk sevdalarına bağlanmak gerek idi: Şudur, Aşk vüsalına kovuşmak anlarını yakınlaştıran anlar...toprağı canlarla korumağa and içenlerin günlük hayat amaları, İlahi Aşk temennileri. Ne güzeldir Vatan-Millet-İslam Aşkına kovuşmak imanı. Devüşöülerin iman dayakları Toprağın üstünde berkiyip. Aşağıdaki resimde de bunun eyani görünümünü görmek olar:



Budur, toprakların nefesi ile, şehitliye makam veren mehmetçiklerin nefesleri iç-içedir:

nefes nefes ağılıyordu bulutlar, göynem göynem göynüyordu topraklar: toprağın nefesi daralırdı: ona olan düşman baskılarından vatan dağlarının-taşlarının, sularının –çaylarının rengi de bozarırdı;

duşman, mekrinden geyze gelirdi dağlar-taşlar, bomboz oluyordu çöller; ormanlardaki ağaçlar yaprak-yaprak saralıyordu. Neden? İnsan değil o cellat tör-töküntülerinin hayasızlığından ve kaddarlığından.

Böyle olanda, *her açılan sabah aydın sabah olmuyor, her doğulan gece de aydın gece olmuyor. Gündüzlerin gündüz aydınlığı itib-kayp olub gitmiştir, gecelerin de gece aydınlıkları.*

1915. yılın Ağustosunda şair Hakkı Süha (Sezgin)“Siperlerde” şiirinde “matem ve kam dalgaları” akıtan manzarayı böyle tesvir edecektir:

Mahabetli bir akşam denizlerde eks ederken

Tek-dük uzak yıldızlar semalara damlıyordu.

Vahimelerin bütün günleri bir-birine benziyor: aylı akşamlar denizlerde eks ederken, uzak-uzak yıldızlar semalara damlıyordu. Yıldızlar semaların keşikçileridir.

Bu tasvirin daha bir tasvir katı var: şu kat metinaltıdır: Şu andaca düşmanla yüz-yüze kalan gecenin bu vahimeli sakitliğinde Mehmetçikler de Vatan topraklarının, denizlerin keşiğindeler. Mehmetçikler de yıldızlar gibi her terefe aydınlık getirir: karanlıkta aydınlık, aydınlıkta karanlıklar aks olunur.

Yıldızlarla semalar aydınlanır: şurada bir hikmet de var: *semalar yıldızlara ışık verir: semanın yıldızları ile Çanakkale Boğazının keşiyinde duran Mehmetçikler arasında uyar bir uyarlık var.*

Karanlığın hücumu, ziyaların hicretinden

Matem ve kan dalgaları ufukları yalıyordu.

Karanlık hücumu geçip, ziyalar-ışıklar hicret edip: ufukları matem ve kan dalgaları yalıyor.

Akşamların munisliği elinden alınıp:

denizin-boğazın dalgaları daha hezin layla çalan dağlalar değil, matem ve kan dalgalarıdır. Bu yerlerin akşamları aşka benzerdi, aşk o akşamların ışıkları ile ışıklanar. Karanlıklar ıssız ve sakit aydınlıklarını kayp edip;

ışıklar daha ışıklanmır, akşamların daha sessiz ve samit menzereleleri olmur; onun munis güzelliği de solup, siyah renge belenip. Şairin akşama müracaatla söylediği sözlerde derin ve üzüntülü bir yangı var: Aşıkler akşamların koynunda aramla nefes alar, akşamlarla aram tapardı ışıklanardı; gecelerin gecelenerdi- aay da görünürdi, Mehmetçiklerin döyüşleri de ışıqlandırardı Çanakkale igidlərinin Zəfər şimşeklerini:

Ey o ıssız yerlerin aşka benzer akşamları!

Şimdi neden o munis güzelliğin böyle siyah?

Söyle, neden , ey akşam, yıldızları elem sardı?

Gök o kadar karanlık ki, doğmayacak sanki sabah...

(Türk Askeri İçin savaş Şiirlerinden Seçmeler (1914 -1918). Derleyen: Sadri Karakoyunlu. Ankara, 1991; seh. 17).

Yıldızları elem sarıp, saraldıp; göklerin renkleri ile yerlerin renkleri kararıp; yıldızları elem, kam-kusse sarıp. öklerin kazapdan rengi kapkara karalıp; sabahların nişanlarını kayp edip gökler. Göklerin vahimesi ile insanların vahimesi her yeri ağışuna alıp.



Vatan Gökleri de kan ağılıyor düşmana olan gazabından. Mehmetçik hücumu geçtikçe her şey aydınlaşıp.

SIRTINDA 275 KİLOLUK TOP MERMİSİ TAŞIDI



Seyit Onbaşı, 1889 yılının Eylül ayında Havran İlçesi Çamlık (Manastır) köyünde dünyaya geldi. Babasının adı Abdurrahman, annesinin ki Emine idi.

Seyit, 1909 yılının Nisan ayı başlarında askere alındı. 1912'de Balkan Savaşları'na katıldı. Savaş bittiğinde terhis edilmedi ve topçu eri olarak Çanakkale Cephesi'nde görev aldı. Çanakkale Savaşları'nda gösterdiği kahramanlıkla adını Türk tarihine yazdırdı. 18 Mart Deniz Savaşı sırasında, Rumeli Mecidiye Tabyası'nda ayakta kalabilen tek top vardı onun da mermi kaldıran vinci bozulmuştu. Seyit Onbaşı büyük bir güçle 215 Okkalık mermiyi üç kez kaldırarak namlunun ucuna sürmüş ve bu kahramanlığı ile Ocean gemisi büyük bir yara almıştı. Seyit Onbaşı 1918 sonbaharında köyüne döndü. sanatı olan ormancılık ve kömürcülüğe devam etti.

1934 tarihinde yürürlüğe konan soyadı yasasıyla "Çabuk" soyadını aldı. 1939 yılında akciğerlerindeki rahatsızlık nedeniyle vefat etti.

18

Gökler insanların acılarına, muharebe vahimesinden kulaklarını tutulup? Gökler insanların törettikleri vahşetlerin ağırsı içerisinde kame batıp e acıyır, onların dünya herisliklerine rengi kaçıp: yıl

Semaları parçalayan mermi sesinden

Ölümlerin musikisi bestelenirdi...

**Biraz sonra her şey susar, yükseler sükut,
Gecelerle birleşerek hasbihal eder;
Çlenlerin mühitine iner bir bulut,
Bir semavi kefenle hep örtüler o yer...(seh.17)**

Vatanın keşiyinde dayanan Mehmetçiklerin dövüş azimleri artmış, kahramanlıkları için yeni fırsatlar yaranmıştır. Geceler Mehmetçik için aydın, düşman için karanlık idi; karanlık kara-kara mezarlar kazırdı düşmana, cehennem ateşlerini getirirdi cehenneme vasil olanlara.

Düşmana karşı Gecenin doğuşunda aydınlık artar, sabahın doğuşundan kırmızı kanlar akar, boğazın sularına karışar. doğan güneş o suların renginde olur: o suların rengi kan rengine döner; güneşin rengi de kan rengini alar.

Aştan gelen güc idi ki, hiç kesin tek başına kaldıra bilmediyi bombanı-275 kiloluk top mermisini Seyid Onbaşı sırtında taşıyordu.

Korku korkuya karışar, düşmanın bağı yarılar çayların, denizin renginden.

Boğaz böyle vahşet görmemiştir. Ama her şey kendi akarında akırmış gibi görünürdü Türk yurtlarına, Denizlerine, Karalarına, Türk insanlarına. Düşmenmi onu etkisi-tesiri altında saklayacaktı? Düşmen bağı Türkün sesinden ve nefesinden çatlıyordu.

Harp Dünyanın boğazına direnmiştir: Dünyanın boğazı tıkanhatıkanda idi.

Harp harp doğururdu: düşmanlar Boğaz'da Türk'e harp meydanı açmak hayasızlığında idi. Türk toprakları düşman ayaklarının sesini duyur: rahatsız oluyordu: çünkü Yerler yerlerdeki

haksızlıklara, zorakılığa, iblis fitnesine, ağzın düşman kısırtısına maruz kalmıştır.

Yerlerden ve Göklerden Kum gibi kaynayan harp rüzgarlarının Çanakkale feryadından vahimeli feryat yok idi.

Harp Boğazına karayara çıkmıştır; o karayarı yok edecek Türk askerinin meydanı idi meydan, bu meydan kum gibi kaynayan ve akan rüzgarların renkleri sararmıştı.

Sanki yerler öz Yer rüknünden çıkmak üzere idi Çanakkale'de. O zaman Can kalesi idi Çanakkale; Gök kalesi idi Çanakkale, Yer Kalesi idi Çanakkale, Türkün Yeni dünyada yeni zafer kalesi idi Çanakkale.

Yer özünde değildi o zamanlar. Mehmetçikler Vatan uğruna Karalara, Denizlere can koyup, baş koyub kendine getirdi o yerleri.

Gök öz ışığında ve karanlığında idi, Çanakkale'de Gök de karanlık idi, Yer de.

Mehmetçikler yere göğ ışını getirdi, göge yıldızların ışığını. Çünkü Karanlıkları yarmak-Gök ışıklarını Yer'e getirmek gerekirdi.

Zafer zafer getirdi. En vahşetli dövüşler sahnelerinde Türk askeri nizami zafer kazandı:



Türkün zafer atları koşurdu düşmanı ayaklamak için. Gökler zafer halinde idi: Gökler de, yerler de Türkün Kahramanlık Halında, Şehitlik zaferinde idi.

Şehit olmak-zaferin en uca katıdır: her şehit kendi zafer tağının üstünde makam tapar.

Türk askerleri yerin zaferini kendine kaydardı, gökdeki ulduzların renkleri ayazıdı, ay da göründü gökyüzünde, yıldızlar da, yıldızların ve ay ışığının şüaları altında berg vuran denizlerin-boğazların üstüne zafer aydınlığı çökmüştür.

Çanakkale ile Türkler Gök zaferi çaldı: Yer zaferi çaldı. Zafer zafere karıştı: şehitlikten dünya özünün Türk rengine döndü: Türk rengi Çanakkale'de şehitlerin Mezar rengine büründü...

Türkün Mezar renki—Zafer renkidir:

Zafer rengi—şehitlerin ve gazilerin Vatan rengi, Toprak rengi, Deniz rengidir;

Yer rengi Gök rengidir: ve bütün hallerde Zafer-- Türk rengidir.

Zaferi göklerin yüce tağlarına yazan Mehmetçik her cehetten kahraman idi; onun kahramanlığı iman ve geyret, leyaket ve şeref kahramanlığı idi. esela, Anafartalar kahramanı Mustafa Kemal, Ruşen Eşref ile yaptığı konuşmalarında Mehmetçiğin kahramanlığını böyle vasıf ediyordu:

"Biz kişisel kahramanlıklarla uğraşmıyoruz. Yalnız size Bomba Sırtı olayını anlatmadan geçemeyeceğim. Karşılıklı siperler arasındaki mesafe sekiz metre, yani ölüm muhakkak..."

Bəs bu hansı rəngdir? Gənglər öz hallarını nələrdən alır? Döyüşlərin və əsgərlərin ahəngləri necədir? Hansı hallar o rəngləri işıqlandırır? Ya döyüşdəki qəhrəmanlığın halları necədir?

Mehmet Akif Ersoy bu qəhrəmanlığın və şəhidliyin Meqamlarını belə vəsf edir:

Sen ki, son ehl-i salîbin kırarak savletini,

Şarkın en sevgili sultânı Salâhaddîn'i,

Kılıç Arslan gibi iclâline ettin hayran...

Sen ki, İslâm'ı kuşatmış, boğuyorken hüsrân,

O demir çenberi göğsünde kırıp parçaladın;

Sen ki, rûhunla beraber gezer ecrâmı adın;

Sen ki, a'sâra gömülse taşacaksın...Heyhât,

Sana gelmez bu ufuklar, seni almaz bu cihât...

Ey şehîd oğlu şehîd, isteme benden makber,

Sana âgûşunu açmış duruyor Peygamber.

Mehmetçiğin qahrêmanlığını heyranlıkla tavsir edên Mustafa Kamal davamında heyranlıkla belî nêql edir:

“Birinci siperdekilerin hiçbirisi kurtulmamacasına düşüyor, ikinci siperdekiler onların yerini alıyor. Fakat ne kadar imrenilecek bir soğukkanlılık ve tevekkül ile biliyor musunuz? Öleni görüyor, üç dakikaya kadar öleceğini biliyor ve en ufak bir çekinme bile göstermiyor. Sarsılmak yok. Okuma bilenler Kur'an-ı Kerim okuyor ve Cennet'e gitmeye hazırlanıyor. Bilmeyenler Kelime-i Şehadet çekerek yürüyorlar. İşte bu Türk askerindeki ruh kuvvetini gösteren hayret ve tebrike değer bir örnektir. Emin olmalısınız ki, Çanakkale Muharebeleri'ni kazandıran işte bu yüksek ruhtur.”

<http://www.canakkalemuzesi.com/defaultmain.asp%3Finc%3Dlistspoems>

SONUÇ OLARAK:

XX . yüzyılın I. Cihan savaşı, Türklerin Vatan Savaşı oldu.

1914 yılının II. yarısından başlayarak, muharebe kaoslarında olan dünyada-Avrupa ve Asyada her şey öz kendi halından çıkmıştır:

daha denizler ve karalar yüz-yüz yılların Türk yolcularını ağırlamır;

İstanbul ve Çanakkale Boğazları daha Türklere karşı harp ateşleri yandıran yabancı ve kaddar savaşçıları karşılıyordu. Sanki dünyanın sonu akıp geliyordu.

Lakin Türkün iman dayakları-sütunları sarsılmaz, aksine, git-gide daha da möhkemlenirdi. Türk askerleri harbin getirmekte olan fesatlarını susturmak ve aradan kaldırmak uğruna şehitlik meydanlarına atıldı. Bu kahramanlık meydanı idi bu meydan yalnız Türke mahsus ola bilerdi, geyrilerine yok.

Muharebeler sırasında cephede bulunan bir İngiliz gazeteci Türk askerinin sahip olduğu

Vatan Aşkını ve şücaetini itiraf ve takdir etmekten geri kalmamıştır :

“Askerlerimizin savaşmakta olduğu bugünkü düşman evlatları, namdâr, gazi ve şöhretli kumandan Osman Paşa'nın kumandasında olarak Plevne'yi kahramanca tutan arslanların aynısıdır. Bugünkü Türkler, Avrupa politikasının tek faktörü olan varlıkları için savaşıyorlar. Bugünkü Türkler, her bir Türk'ün kalpten sevdiği ve iftihar sebebi olan, sevgili İstanbul'u muhafaza için kanlarını döküyorlar.”

<http://www.canakkalemuzesi.com/defaultmain.asp%3Finc%3Dlistspoems>

Türklere hristiyan münsaibetinde insan insana ölüm meydanı okuyordu. İnsan ona mahsus olan şerefi daha taşıya bilmez. Yoksa bu cür kaddarlık ve kan içerlik neredendir insanda?

Avrupa Boğazlara kendi barbarlığının yeni sahifelerini yazmağa gelirdi:

Türk ulusuna ve bütün İslam dünyasına kin püsküre-püsküre vahşilik sahneleri sergilemek ihtirasına bürünmüştür. Bu ihtirasla düşman öz kebirini bu derin ve dipsiz, geniş ve nehayetsiz Türk mekanlarında kasmağa gelmiştir. Lakin düşman şunu da anlamırdı ki, Bu karalar ve denizler, Boğazlar ona düşman olanlara kebir vermezler.

KAYNAKÇA:

Birinci Necati. Ön Söz. Kahramanlık Şiirleri Antolojisi; Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1990.

Kahramanlık Şiirleri Antolojisi. Hazırlayan: Necat Birinci; Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1990: Seh.156-158)

Sühreverdi Şihabeddin Yehya. Işık Heykelleri. Bakı, “Elm”, 1990

Ereb ve Fars Sözlere Lügati. Bakı, yazıcı, 1985.

Yeni Lügati. Haz. Abdullah Yeğin. Hizmet Vakfı Yayınları,İstanbul-2004).

Türk Askeri İçin savaş Şiirlerinden Seçmeler (1914 -1918). Derleyen: Sadri Karakoyunlu. Ankara, 1991; seh. 17.

M.A.Ersoy. Çanakkale şehitlerine <https://www.antoloji.com/canakkale-sehitlerine-siiri/>

Çanakkale Savaşı. Vikpered, özgür ensiklopedi

<http://www.canakkalemuzesi.com/defaultmain.asp%3Finc%3Dlistspoems>

“NƏHCÜL-BƏLAĞƏ” TƏVİLLƏRİ: HZ.ƏLİNİN (Ə) BAXIŞLARINDA ”ƏL-EVVEL VƏ ƏL-AXİR”İN MƏNA AÇARLARI (2)

DOÇ.DR. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425 ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prizə & India- Birliyinin Yönetici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eytimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery's Ange'ls Internacional Qrup üzvü; Poetas Intergalácticos-üzvü; World Peace Literature Academy-nin yönetici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üzvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu-BÜTÖV AZERBAIJAN

Özət

Ət-Təvil- təhlili elmin kainatıdır. Kainatdakı sirlərin mənalının batini və zahiri anlatmaları, açımları da bu elmin icazlarına aiddir. Təvil sözün və fikrin esl-gerçək menasını izahetmə elmidir-təhlil emlidir. Təvil elminin mənbəyi “Qur’ani-Kərim” dir. “Qurani-Kərim” Sözlərin və mənalının, fikir və düşüncənin dərya mənbəyidir. Hz.Əli Əleyhissəlam bəşər təfəkkürünün Təvili baxışları bu mənbədən qidalanıb.

Hz.Peyğəmbərimiz (SAV) buyurub ki, Ya Əli, Quran Mənə nazil oldu. Sən Quranı Təvil edəncən. Söz sözün mədəni-açarıdır bu təvil aləmində. “Əvvəl və Axır” Dəryada dərya qüdrətini özündə ehtiva edir. Hər iki söz həm də bütövlükdə Kainat aləminə məxsus məzmunlar-hikmətlər ehtiva edir. Bütün bu batini anlatmalar və hikmət dəryasından süzülüb gəlir. Hz. Əli əleyhissəlam bu Hikmətolmada-Təvil-Təhlil dəryasında bir dəryadır. Onun sözləri dərya mədəninin yelkənləridir.

Təfsirdin gələn dərin və incə bir yanaşma tarzidir. Təvil- manaların hakikatını anlatma ilmi Hz.Alinin ilmidir. Sözün gerek ruhunu okuyasan.

Söz canlıdır: sözde can var; Söze can verən onun ruhudur: nasıl ki, insana can verən ruhdur. Ruh Allah-Teala-nın bahşıdır-insana etə edilib-verilib: yani Ruh Allah-ındır, insanın deyil.

Ruh-un manası Həkk-dır. İnsan Ruh-la insan olub: deməli, insan həkkdir: həkk olaraq Həkk tərəfindən yaradılmışdır.

İnsan ruhla tamamlandı: ruhdan yarandı; və insanda ruh var- başqa sözle: ruhda ruh var. İnsan Evvel-le başlayıb, çünki Evvel terefinden yaranıb.

Söz özü də ruhdur-ses ruhdur; sözlər seslərdendir; bu halda,ruhdan yaranap ses də, söz də: ruh ruh yarıdır, ruhdan ruh yaranır.

El-Evvel evvelden evveldir: evvelden evvel olan yinə də El-Evveldir. El-Evvel batinlərin və zahirələrin var oluşunun evveldir.

Evvel Evvelden başlayır; Ahir də Evvelden başlayır. Ahir Evvelin Özündedir; Ahirde Evvelin bütün nişanları var; Evvelde də Ahirin bütün nişanları var. Demək, Evvelle Ahir Vahittir.

El-Evvel--evvelden evveldir, sonu olmayan sondur-ahırdır. Evvel ‘öncəsiz və sonsuz olan İlk’-tir. Allah akl edən kalple bilinir. Sıfırı ne kadar artırsak da- sıfır olur: ama haddini bilb Evvelin yanında duranda deyğere minir-kıymət qazanır. Zaman yokken O vardır. Zaman- kəndində var olma deməkdir. Zaman- kəndində Evveldir və Axirdir.

Açar Sözlər: Hz.Əli təvilləri; Nəhcül-Bəlağə təvilləri; Əvvəl və Axir vəsfləri.

“NAHQUL-BALAGA” INTERPRETATIONS: KEYS TO THE MEANING OF “AL-AWWAL AND AKHIR” IN THE VIEWS OF AZH.ALI (AS) (2)

Assoc. Professor Dok. EBULFEZ EZİMLİ

Abstract

At-Tawil- analysis is the universe of science. The inner and outer explanations and revelations of the secrets in the universe, the meanings, are also part of the privileges of this science. Tawil is the science of explaining the true meaning of words and thoughts-the science of analysis. The source of the science of Tawil is “Al-Qur’an-Al-Karim”. “Al-Qur’an-Al-Karim” is the oceanic source of words and meanings, thoughts and ideas. Hazrat Ali (AS)’s Tawil views of human thought were nourished from this source.

Our Hazrat Prophet (SAW) said, “O Ali, the Quran was revealed to me. As long as you interpret the Quran. The word is the culture-key of the word in this world of interpretation. The “First and the Last” Sea contains the power of the sea. Both words also contain contents-wisdoms belonging to the world of Wings as a whole. All these inner explanations and wisdoms come from the sea. Hazrat Ali (a.s.) is a sea in this Hikmat-olm-Tawil sea. His words are the sails of the culture of the sea.

It is a deep and subtle approach to interpretation. The science of explaining the truth of interpretation-meanings is the science of Hazrat Ali.

You read the true spirit of the word.

The word is alive: there is life in the word; It is its spirit that gives life to the word: just as it is the spirit that gives life to a person. The spirit is a gift of Allah the Almighty-it was given to a person: that is, the spirit belongs to Allah, not to a person.

The meaning of the spirit is the Truth. Man became a person with the Spirit: that is to say, man is a truth: he was created by the Truth as a truth.

Man is complete with spirit: he is made of spirit; and man has soul - in other words: soul has soul. Man began with Eve, because he came from Eve.

The word itself is the soul - the voice is the soul; words are sounds; in this case, make a sound from the soul, say a word: the soul creates the soul, the soul is born from the soul.

El-Ewvel is before the first: what is before the first is also El-Ewvel. Al-Awwal is before the existence of inner and outer.

Evvel Evvelden begins; Ahir de Evvelden begins. The End is in the First; The afterlife has all the signs of Eve; Evvelde also has all the signs of Ahir. So, the beginning is the end.

El-Ewvel--it is before the beginning, it is the end without end, it is the end. First is the "unprecedented and infinite First" (Mustafa Islamoglu). God is known by the thinking heart. No matter how much we increase zero, it becomes zero: but when we know its limit and stand next to the First, it gains value. When there is no thought, He exists. Time means existence in itself. Time is the First and the Last in itself.

Keywords: Interpretations of Hazrat Ali; Interpretations of Nihjul-Balagha; Descriptions of the First and the Last.

GİRİŞ

Ət-Təvil Təhlili elmin kainatıdır. Kainatdakı sirlərin, mənaların batini və zahiri anlatmaları, açımları da bu elmin icazlarına aiddir. Tevil sözün və fikrin esl-gerçək mənasını izah etmə elmidir-təhlil emlidir. Gerçək mənaları icazi tərzdə anlatma, bəyan etmə ellmidir. Tevil elminin mənbəyi “Qur’ani-Kərim” dir. “Qurani-Kərim” Sözlərin və mənaların, fikir və düşüncənin dərya mənbəyidir. Natiqi-Quran- Danışan Quran adlanan Hz.Əli ibn Əbutalib Əleyhissəlamın sayəsində bəşər təfəkkürünün Təvili baxışları bu mənbədən qidalanıb.

Həz. Peyğəmbərimiz (SAV) buyurub ki, Ya Əli, Quran Məna nazil oldu. Sən Quranı Tevil edəncən. Söz sözün mədəni-açarıdır bu təvil aləmində. “Əvvəl və Axır” Dəryada dərya qüdrətini özündə ehtiva edir. Hər iki söz həm də bütövlükdə Kainat aləminə məxsus məzmunlar-hikmətlər ehtiva edir. Bütün bu batini anlatmalar və hikmət dəryasından süzülüb gəlir. Həz. Əli əleyhissəlam bu Hikmətolmada Tevil-Təhlil dəryasında bir dəryadır. Onun sözləri dərya mədəninə yelkənləridir.

Təfsirdin gələn dərin və incə bir yanaşma tarzıdır. Tevil- mənaların hakikatını anlatma ilmi Həz. Alinin ilmidir.

Həz. Əli əleyhissəlam həm Sözdür, həm o sözdəki Məna və məzmunların, ideyaların açarıdır. Bu Elmin təvili Həz. Əli ibn Əbutalib əleyhissəlam Təvilində mənaların açarıdır. Açarda Açar icazından yanaşsaq belə təsnif edə bilərik: Qur’ani-Kərim bütün məna və mündəricilərin, ifadə icazlarının mənbəyidir. O mənbənin hüdudları çox genişdir. İnsan təsəvvürü onu görə bilməz, irak etməz. Kainat aləmində nə qədər sirlər, elmi nişanalar və nişanələr varsa, Qur’ani-Kərimdə onların hamısına aid nişanlar-sirlərin təqdimi icazları vardır. Bu mənbələrin- Qurani-Kərim dəryasının iç mənalarını, hikmət sirlərini izah edən, hər izahında təvili-təhlili baxımdan heyretətamiz söyləmələr vardır.

ƏL-ƏVVƏL VƏ ƏL-AXİR HÖKMLƏRİNİN MƏNA AÇIMLARI HƏZ. ƏLİ (ə) TƏVİLLƏRİNİN İŞİQLARIDIR

Həz. Əli əleyhissəlam sözlərin Məna və Fikir, Məzmun-İdraki işıqlarını görən və duyan Alimdir. Işıq işıq gətirər. Sözlərdəki işıqlar, Həz. Əli əleyhissəlamın məna açımları ilə yeni işıqlara da işarə edilir. Allah-Təalanın Təqdimindən gələn idraki işıqlar:

Huvəl-əvvəlu vəl- axiru vəz-zahiru vəl-batin; və huvə bi külli şey’in alim (Hadid, ayə-3).

Əl-Əvvəl-də qədim və hüdudsuz zamanların Onun varlığı ilə var olması mənası var. Zaman baxımından Əvvəl və əvvəlk və əvvəl, sonsuz Əvvəllər var- hamında nəhayətsiz əvvəllər var. Əvvəl olandan başqa bir Əvvəl yoxdur. Allah-Təalanın qüdrətinin nişanlarından gələn mənələrdir.

Həz. Əli əleyhissəlam Zaman varlığını anladarkən belə şərh-anlatım vermişdir:

“ Qədim olması Özündən başqa bir şeyin sonradan yaradılmış olması, zamandan əvvəl mövcudluğu şəksizdir. Hər şey fəna olduqdan və baqi yalnız Özü olduğundan- axirdir.

Əvvəlinə bir əvvəl təsəvvür edilmədiyi kimi, sonu da yoxdur.

Hər şey Onun təsərrüfə altındadır. O hər şeydən üstündür. Bu baxımdan Zahiridir.

Hər şeyi əslilə yaratdıqdan əvvəl və yaratdığından sonra bildiyindən və Ondən başqa bilən olmadığından- Batındır” (NB, səh. 29).

Əbdülbaqi Gölpınarlı bu mənalandırmalarla bağlı şərhində ayrı-ayrı hissələri və detalları açıqlayır. Bu açıqlamalarda Əvvəl və Axir, Zahir və Batin bağlılıqlarını açıqlayır və bunları hər bir özəllikləri və Bütövlüyü təqatından açıqlayaraq yazır:

“ Dəlilləri ilə zahiridir; yaratdığının duyğularından- Batındır

Heç bir şeyə zahiri yaxınlığı olmamaq üzrə- Zahir, qüdrəti hər şeydə göründüyü cəhətindən- Ona batındır deyənlər, Onu yaradılış baxımından – Əvvəl, Əbədiliyi ilə- Axir, həyat vermə baxımından batındır” tərzində təfsir edənlər də olmuşdur.

Əbədiliyi ilə -Axir, birliyi ilə Axir , birliyi ilə Zahir , heç bir şeyə ehtiyacı olmamaq cəhətindən—Ona Batındır demişlər.

Əvvəlinə Əvvəl olması ilə- qədimdir, yəni əvvəldir. Hikmətində zahirdir, elmi ilə- batındır” (Nəhcül-Bəlağə, 1993, səh. 32)

Bu Ayədə Əvvəl və Axir sözləri ilə Zahir və Batin sözlərinin Vəhdətinə- bütövlüyünə də işarələr var. Hər hal həm də zahirdir- yəni görülə biləndir: ancaq hər baxan görməz, görmənin öünün gərək idraki olsun. Zahir idrakin nişanlarına işarədir. O idraka ki, o Batındadır, yəni gizlindədir. Batinlə Gizlin də Vəhdətdədir. Əvvəlin “Əvvəl” idrakinə nə qədər batini icazlar var. Eləcə də “əl-Axir” sözü də batındır və onda nə qədər gizli Məna idrakları vardır.

Əl-Zâhir: Varlığı açık, aşkar olan, kesin delillərlə bilinen. Varlığı sayısız delillərlə açık olan

Əl-Bâtın: Akılların idrak edemeyeceği, yüceliği gizli olan. Akılların idrak edemeyeceyi yüceliği gizli olan deməkdir (Əzimli Ə.T. Təsəvvüf ədəbiyyatı, 2021, səh.19).

Hər bir zahirdə həm də batin var. Və hər bir batində Həm də zahir var. Var olmanın İdraki qüdrətində hər şey aydın və işıqlıdır. Çünki Hər şey, Hər bir var olan Haqdır. Haqq olan İlahi qüdrətin bütün hikmətlərinin Bütövlüyü-Vəhdəti Hökmlərinə bağlıdır.

Ət-Təvil-Təhlil sözlərin və mənaların ruhuna daxil olan Elmdir. Bu daxilolmada ən mühüm üslubi gerçəkliklərdən biri və həm də davamlı olanı Sözü-Məna və hökmün Məna-Hikmət ruhudur. Təvil elminin nəzəriyyəsi və tətbiqi üsulları vardır. Habelə bu elmi sirrin məxsusi idraki yansımaları vardır. Birinci yansıma odur ki, Sözü gərək ruhunu oxuyasan. Bu, zahirən hərfləri görməyə görə oxu deyil, sözü görmə, məna və təfsiri yayımları görə bilmə oxusudur. Bütün bu hallar Hz. Əli ibn Əbutalib əleyhissəlamın Təvil-Təhlil elminin idraki Təvil və anlatma İcazlarına aiddir.

“əl-Əvvəl və “əl-Axir” sözlərinin batini-mətnaltı və mətnüstü aləminə daxil olmaqla, onların məna sirlərinə- icazlarına vaqif ola bilərsiniz.

Əl-Əvvəl də, Əl-Axir də Əsmail-Hüsnanın mübarək adlarından ikisidir.

99 sırasından 73 və 74-cü nöqtələrdədir. Məna və varlıq, qüdrət nişanları ilə bütün varlıqların və aləmlərin Vahidliyi və ədəbiliyi məzmunundadır.

Əl-Əvvəl: Əzeli olan, varlığının başlangıcı olmayan. Her şeydən önce var olan deməkdir.

Əl-Âxir: Ebedi olan, varlığının sonu olmayan. Her şey helak olduktan sonra geri kalan deməkdir. (Əzimli Ə.T. Təsəvvüf ədəbiyyatı, 2021, səh.19).

Hər şeydən əvvəl, bunu idrak etmək gərəkdir ki, hər iki Kəlimə-Söz canlıdır. Yəni necə?

İlk öncə-sözlərdə can var; Sözə can verən onun ruhudur: necə ki, insana can veren Ruhdur. Ruh Allah-Teala-nın bəxşidir-insana əta edilib-verilib- yəni Ruh Allah-ındır, insanın deyil.

Ruh-un mənası Həkk-dır. İnsan Ruh-la insan olub: deməli, insan həkkdir: Həkk olaraq- Həkk tərəfindən yaradılmışdır.

İnsan ruhla tamamlandı: ruhdan yarandı; və insanda ruh var- başqa sözle: Ruh Varlığından gələn ruh var. İnsan Evvel-le başlayıb, çünki Evvel tərfindən yaranıb.

Söz özü de ruhdur-ses ruhdur; sözler seslerdendir; bu halda, ruhdan yaranap ses de, söz de: ruh ruh yardır, ruhdan ruh yaranır.

El-Evvel evvelden evveldir: evvelden evvel olan yine de El-Evveldir. El-Evvel batinlerin ve zahirlerin var oluşunun evveldir.

Evvel Evvelden başlayır; Ahir de Evvelden başlayır. Ahir Evvelin Özündedir; Ahirde Evvelin bütün nişanları var; Evvelde de Ahirin bütün nişanları var. Demek, Evvelle Ahir Vahittir.

El-Evvel--evvelden evveldir, sonu olmayan sondur-ahırdır. Evvel ‘öncesiz ve sonsuz olan İlk’tir (Mustafa İslamoğlu). Allah akl eden kalple bilinir. Sıfırı ne kadar artırsak da- sıfır olur: ama haddini bilb Evvelin yanında duranda deyəre minir- kıymat kazanır. Zaman yokken O vardır. Zaman- kəndində var olma demektir. Zaman-kendinde Əvvəldir və Axirdir.

El-Evvel evvelden evveldir: evvelden evvel olan yine de El-Evveldir. El-Evvel batinlerin ve zahirlerin var oluşunun evveldir.

İmam Əli-Nəhcül bəlağəssindən açım: “Onun nəzərindən kənarda zaman yoxdur... O yaradılmayıb var olandır. Yoxdan var olmadan- mövcuddur...” (Nəhcül-Bəlağə, 1993.səh.21)

Evvel Evvelden başlayır; Ahir de Evvelden başlayır. Axir Evvelin Özündedir; Axirde Evvelin bütün nişanları var; Evvelde de Ahirin bütün nişanları var. Demek, Evvelle Ahir Vahittir.

Hz.Əli əleyhissəlam “Əvvəl” və “Axir” haqqında məna açımlarını O-na aid məzmunları-əhatəni, o Sözlərin ucazına aid olan Hakimanə qüdrətini və bu Hakimanə qüdrətindən hasil olan İdraki Hökmlərinə dair gerçəkləri vəsf etmə üzrə təhlil-açımlar Hz. Əli əleyhissəlamın anlatmalarında inikas-idrak edilir.

Budur: mənalar- tərkib baxımından bir-birinin ardına düülür və bu düzümlər sonsuz bağlantılar aləminə bənzəyir: “Elə bir əvvəldir ki, Ondən öncə heç bir varlıq yoxdur”. Elə bir axırdır ki, Ondən sonra heç bir varlıq yoxdur. Elə bir Axırdır ki, O-ndan sonra heç bir varlıq yoxdur.

Gözlər O-nun zatını görməkdən, mahiyyətini anlamaqdan aciz qalmışdır (Nəhcül-Bəlağə, 1993, səh.34). Zatına nisbətdə bir çağ yoxdur ki, haldan hla dönsün; bir məkanı yoxdur ki, oradan ayrılıb bir başqa yerə getməsi mümkün görünsün...” (Nəhcül-Bəlağə, səh.35).

Bu mənaların sonsuzluğu, vəsflərin zənginliyi, bənzətmələrin milyon-milyon nişanə və növlərini sadalamaq tərzinə görə, Hz. Əli Əleyhissəlam Allah-Təalanın Varlıq aləmindəki zənginlikləri və nəhayətsizliyi təsvir-təqdim etmək tərzini təhlil-təvil hüdudsuzluğu baxımından təqdim edir. Əvvəl və Axir Hikmətlərinin, Allah-Təalanın zaman və məkan hüdudlarından geniş və hüdudsuz olma Zatını təsbih edir:

“Dağlardakı mədənlər nə qədər nəfəs alıb verirlərsə,

Dənizlərdəki sədəflər nə qədər ağız açıb gülürlərsə, onların sayı qədər gümüş və qızıl bağışlasa, incilər saçsa, mərcanlar döşürüb versə, yenə də bu bağış səxavətinə təsir etməz, uca dərğahındakı xəzinələr bitməz, bütün xalqın ehtiyatını təmin etsə də- tükənməz. Çanki O elə bir səxavət sahibi, elə bir vericidir ki, istəyənlərin istəkləri nemətini azaltmaz, ısrarla diləyənlərin diləkləri Onu bezdirməz” (Nəhcül-Bəlağə, səh. 35).

Uludur, uğurludur; o Allah ki, uca hikmətlər belə, O-nu idrak edə bilməz;

ən doğru və təmiz anlayışlar belə, O-nun əslinə çata bilməz.

Bir Əvvəldir ki, əvvəlinə bir ön ola bilməz; bir Axirdir ki, sonuna bir son tapıla bilməz (NB,səh.41).

Həmd olsun Allaha ki, Əvvəldir, O-ndan əvvəl bir varlıq yoxdur;

Axırdır, O-ndan sonra qalan yoxdur.

Zahirdir. Fövqündə bir varlıq ola bilməz:

Batındır, O-ndan başqa batınə çatan ola bilməz” (hokmlü təvildir-Ə.Ə.) (NB,sıh.44).

Zatına nisbətdə bir çağ yoxdur ki, haldan hala dönsün; bir məkanı yoxdur ki, oradan ayrılıb bir başqa yerə getməsi mümkün görünsün.

Bizim təvil izahlarımızdan:

El-Evvel--evvelden evveldir, sonu olmayan sondur-ahırdır. Evvel ‘öncəsiz ve sonsuz olan İlk’tir (Mustafa İslamoğlu). Allah akl eden kalple bilinir. Sıfırı ne kadar artırsak da- sıfır olur: ama haddini bilb Evvelin yanında duranda deyğere minir- kıymat kazanır. Zən yokken O vardır. Zaman- kendinde var olma demektir. Zaman kendində Əvvəldir və Axirdir.

Ahırdan evvele, evvelden ahıra olanlardan daha bir evvel var, həmçinin daha bir ahir var,

Əvvəldən axirə gederlər- axirdən evveledemi gedərlər?

Evvel de ebedi demektir, Ahir de. Bütün oluşlar Tamda Tam olma hikmətinə bağlıdır.

Bezi sözləri ahırdan evvele okuyarkən mana deyışilir; Habelə- həbs etmək, sebbehə- tasbih- sabehe-harəket etməkdir. Hər şey hərəkət halındadır. Əvvəl də hərəkət halını davam etdirir, zahir də hərəkət etdirir, Batın də hərəkət etdirir, Axir də, bütünlüklə kainat aləmi və milyon-milyon QAlaktikalar da bu Əvvələ və Axirə Mənsubdur; Bu Zahirə və Batınə tabedir.

Elbette-Ahırdan evvele gəlmək- Miattır, dirilmedir- dirilmə ilə evvele kayıdacaklar bu dünyadan göc edenlər.

Allah için evvel- zahiri anlamdan birinci olmak deyil, birinci olduğunu söylemek ikinci olduğunu da söylemektir- bu küfre aparır; buradakı evvel sıralama deyil- bes nedir? Bilgimizin hüdudu olduğundan bunu o derinlikten izah etmək yanlışlığından Allah’a sığınırım.

Axir da sıralanma deyil, sıralanma olsa- Allah Daimidir, Əbedidir sıfatını anlamamışımız olur. İlk bir tanedir, Əvvəl bir tanedir. Ahir da vahiddir-Vahid olan el-Əvvəl başlanğıctır.

Əl-evvel mütlak ve sonsuz ilk demektir. İlk demek vahitlikdir- Evvelin Əvvəli de odur, Axirin axiri de. Zamanlamağa görə, evvel onunla başlayır, və ‘O hic ne var olamamışken var olandır’(Hz.Ali)

Tevil sözün və fikrin esl-gerçək menasını izahetmə elmidir-təhlil emlidir. Təfsirdən derin və ince bir yanaşma tarzidir. Tevil- manaların hakikatını anlatma ilmi Hz.Alinin ilmidir..

Vaxtilə Allah, kitab verilənlərdən əhd almışdı; İnsanlar üçün aydınlaşdırmalısınız və onu gizlətməyəcəksiniz. Ancaq ona arxalarını çevirdilər və onu az bir qiymətə satdılar. Onların satdıqları şey necə də pisdir (Ali-İmran, ayə 187).

Beləliklə, Evvel Evvelden başlayır; Ahir de Evvelden başlayır. Ahir Evvelin Özündedir; Ahirde Evvelin bütün nişanları var; Evvelde de Ahirin bütün nişanları var. Demək, Evvelle Ahir Vahittir.

El-Evvel--evvelden evveldir, sonu olmayan sondur-ahırdır. Evvel ‘öncəsiz ve sonsuz olan İlk’tir. Allah akl eden kalple bilinir. Sıfırı ne kadar artırsak da- sıfır olur: ama haddini bilb Evvelin yanında duranda deyğere minir- kıymat kazanır. Zaman yokken O vardır. Zaman- kendinde var olma demektir. Zaman- kendinde Evveldir və Axirdir. Hər İki hal bir-birində var olandır.

NƏTİCƏ ƏVƏZİ

El-Evvəl evvelden evveldir: evvelden evvel olan yine de El-Evveldir. El-Evvəl batinlerin və zahirlerin var oluşunun evvelidir.

Vəsfın hər halı Allah-Təalanın varlıq nişanlarına nişan vermə tərzidir. Bir hala, görünümə vəsf verəndə onun tablosu dolğul haldan təqdim edilir. Bütün varlıqların Yradılığl əl-Əvvəlin və əl-Axirin, Vəl- Zahirin vəl-Batinin qüdrətinin nişanlarına nişanlamadır. Təvili təhlilin vəsfləri, mənalandırmaları da vəsflər, təsbihlər üzrə açıqlanır. Bu elə bir varlıq nişanlarıdır ki. Hər halı Həmdə halındır. Ona görədir ki, Hz. Əli əleyhissəlam tıvili və təhlili vəslərini Həmdə başlayır, Həmdlə davam etdirir, Həmdlə aydınlair. Çünki Qüdrətin bütün halları və işıqları O Həmdədən gəlir. Bütün Əvvəllər də, Axxirlər də, zahirlər və batinlər də o Həmdlə Əvveldir- özündən əvvəl olan yoxdur. Axirdi- özündən sonra olanlardan Axir olan da odur. Bu axirolma son demək deyil, əksinə varlığın Vəhdət kainatıdır.

Əvvəllə Axir bir-birinə bağlı olma hikmətidir. Eləcə də, zahirlə, Batin, yəni gizli ilə Gizlin olan də Bu vəəhdətə aiddir. Gizli olanların sirri də Əvvəlin kainatına aiddir, Zahirin, yəni görünənlərin bütün nişanları o Əvvəlin bəxşidir. Eləcə də batində nələr varsa, ancaq idrakın, qəlbin və əqlin Anlamalarının inikasıdır.

Bütövlükdə bütün var olanlar O varlıqların nişanlarıdır. Hz. Əlinin vəsfindən gələn Həmd də o nişanların varlığını edilən vəsflərə aiddir: “Həmd olsun- bəndələri yaradana, yer üzünü bəzəyənə, suları yer üzündə axıdana, yerləri sellərlə düzəldənə.Əvvəlinə bir başlanğıc, əzəli varlığına bir son yoxdur. Əvvəldir- zavalı olmaz: Baqidir- sonu olmaz (Nəhcül-Bəlağə, 1993, səh. 47).

Bizdən gələn Təvilin Təvili:

Evvel Evvelden başlayır; Ahir de Evvelden başlayır. Ahir Evvelin Özündedir; Ahirde Evvelin bütün nişanları var; Evvelde de Ahirin bütün nişanları var. Demək, Evvelle Ahir Vahittir.

El-Evvəl--evvelden evveldir, sonu olmayan sondur-axirdir. Evvel öncəsi olmayan ve sonsuz olan İlkdir. Allah akl eden kalple bilinir. Sıfırı ne kadar artırsak da- sıfır olur: ancaq həddini bilib Evvelin yanında duranda deyğere minir- kıymət kazanır. Zaman yokken O vardır. Zaman- kendinde var olma demektir. Zaman- kendinde Evveldir ve Axirdir... Hər hal öz varlıq qüdrətinə bağlıdır. Bu qüdrəti Qüdrətli, Hər şeyə qadir olan Allah-Təala bəxş edib...

MƏNBƏLƏR-QAYNAQLAR

Qurani-Kərim

Qurani_kərim və Məali

Əli ibn Əbutalib. Nəhcül-Bəlağə. Bakı, “Elm” 1993.

Əzimli Əbülfəz Tahiroğlu. Təsəvvüf ədəbiyyatı. əsərləri 100 cildə. III clid, Naxçıvan,2021

F. M. DOSTOYEVSKİNİN DÜNYAGÖRÜŞÜNÜN FORMALAŞMASI VƏ RUS İDEYASINA MÜNASİBƏTİ

Aynur Zahir qızı Bədəlova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin müəllimi, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-9288-6218>, badalovaaynurr@gmail.com

Xülasə

Məqalədə F.M. Dostoyevski yaradıcılığında rus ideyasının mahiyyəti və onun humanist insan konsepsiyası ilə əlaqəsi araşdırılmışdır. XIX əsr rus ictimai fikrində formalaşan rus ideyasının yazıçının dünyagörüşündə qazandığı yeni məzmun təhlil edilmiş, bu ideyanın milli üstünlük düşüncəsindən daha çox insanın mənəvi kamilliyi, vicdanı və əxlaqi dəyərlər ilə bağlı olduğu əsaslandırılmışdır. Dostoyevskinin "Cinayət və cəza", "İdiot" və "Karamazov qardaşları" romanları əsasında Raskolnikov, Knyaz Mışkin və Alyoşa Karamazov obrazlarının mənəvi inkişaf yolu araşdırılmış, onların humanist insan modelinin müxtəlif tərəflərini təcəssüm etdirdiyi göstərilmişdir. Məqalənin məqsədi F.M. Dostoyevski yaradıcılığında rus ideyasının mahiyyətini və onun humanist insan konsepsiyası ilə qarşılıqlı əlaqəsini araşdırmaq, yazıçının sosial-fəlsəfi baxışlarında bu ideyanın yerini müəyyənləşdirmək, həmçinin bədii əsərləri əsasında insan, cəmiyyət və mənəviyyat probleminə münasibətini təhlil etməkdir.

Açar sözlər: rus ideyası, humanizm, vicdan, mənəvi dirçəliş.

Abstract

The article examines the essence of the Russian idea in the work of F.M. Dostoevsky and its relationship with the man's humanistic concept. The new content that the Russian idea, which was formed in the Russian public opinion of the 19th century, acquired in the writer's worldview is analyzed, and it is substantiated that this idea is more related to the man's spiritual perfection, conscience and moral values than to the idea of national superiority. Based on Dostoevsky's novels "Crime and Punishment", "The Idiot" and "The Brothers Karamazov", the path of moral development of the characters of Raskolnikov, Prince Myshkin and Alyosha Karamazov is examined, and it is shown that they embody various aspects of the man's humanistic model. The purpose of the article is to examine the essence of the Russian idea in the work of F.M. Dostoevsky and its interaction with the man's humanistic concept, to determine the place of this idea in the writer's socio-philosophical views, and also to analyze his attitude to the man's problem, society and morality based on his works of art.

Keywords: russian idea, humanism, conscience, moral revival.

Giriş

XIX əsr Rusiyası ictimai-siyasi, fəlsəfi və mədəni həyatın dinamik inkişafı ilə xarakterizə olunan mürəkkəb tarixi mərhələlərdən biridir. Bu dövrdə cəmiyyətin gələcək inkişaf yolu, milli mahiyyəti və Rusiyanın Şərq ilə Qərb arasında tutduğu mövqe ətrafında gedən müzakirələr ictimai fikrin əsas istiqamətlərini müəyyənləşdirirdi. Bir tərəfdən qərbçilər Rusiyanın Avropa sivilizasiyasının inkişaf modelini mənimsəməsinə tərəqqinin əsas şərti hesab edir, digər tərəfdən isə milli-mənəvi dəyərlərin, pravoslav ənənələrinin və xalqın tarixi təcrübəsinin qorunmasını cəmiyyətin inkişafının başlıca amili kimi qiymətləndirirdilər. Bu ideya qarşıdurması XIX əsr rus ictimai-fəlsəfi fikrinin formalaşmasına mühüm təsir göstərmiş, "rus ideyası" anlayışının meydana çıxmasına zəmin yaratmışdır.

Rus ideyası insanın mənəvi mahiyyəti, cəmiyyət qarşısında məsuliyyət və ümumbəşəri dəyərlərlə bağlı fəlsəfi düşüncə sistemi kimi inkişaf etmişdir. Bu ideyanın müxtəlif aspektləri rus dini filosoflarının, publisistlərinin və yazıçıların əsərlərində fərqli istiqamətlərdə şərh olunsa da, onların ortaq məqsədi Rusiyanın tarixi missiyasını və milli-mənəvi kimliyini müəyyənləşdirmək olmuşdur. Məhz bu baxımdan rus ideyası siyasi məzmunundan daha çox etik, mənəvi və mədəni məzmun daşıyan konsepsiya kimi diqqəti cəlb edir. Rus ideyasının bədii-estetik müstəvidə inkişafında görkəmli rus yazıçısı Fyodor Mixayloviç Dostoyevskinin xüsusi rolu vardır. O, bu ideyanı bədii yaradıcılığında insanın daxili aləmi, vicdan azadlığı və xristian humanizmi kontekstində şərh etmişdir. Dostoyevski üçün Rusiyanın gələcəyi hər şeydən əvvəl insanın mənəvi kamilləşməsi, cəmiyyətin əxlaqi dəyərlər üzərində qurulması və xalqın mənəvi birliyi ilə bağlı idi. Yazıçının fikrincə, cəmiyyətin tərəqqisi siyasi və iqtisadi islahatlardan daha çox insanın daxili aləminin saflaşması və mənəvi məsuliyyət hissəsinin formalaşması ilə mümkün ola bilər. Yazıçının yaradıcılığı göstərir ki, rus ideyası milli üstünlük iddiasından daha çox insanın mənəvi bütövlüyünü və humanist dəyərlərə sadıqlığını ifadə edən konsepsiyadır. Yazıçının yaratdığı Raskolnikov, Knyaz Mışkin, Alyoşa Karamazov kimi obrazlar müxtəlif həyat mövqelərini təmsil etsələr də, onların mənəvi axtarışları insanın vicdanı, azad seçimi və başqaları qarşısında məsuliyyəti məsələləri ətrafında cəmləşir. Beləliklə, Dostoyevski rus ideyasını milli ideologiya səviyyəsində çıxararaq ümumbəşəri humanizm və daxili yenilənmə konsepsiyası kimi dəyərləndirdi. Dostoyevskinin baxışlarında rus ideyası heç vaxt başqa xalqlar üzərində üstünlük iddiası kimi təqdim olunmur. Əksinə, o, Rusiyanın tarixi missiyasını insanları zor gücü ilə birləşdirməkdə görmürdü, əksinə mənəvi dəyərlər ətrafında yaxınlaşdırmaqda görürdü. Yazıçının fikrincə, xalqın gücü onun siyasi qüdrəti ilə ölçülmür, vicdanı, mərhəməti və mənəvi bütövlüyü ilə ölçülür. Bu yanaşma rus ideyasına etik və humanist məzmun qazandırır.

Dostoyevskinin publisistikası və bədii yaradıcılığı göstərir ki, rus ideyası insanın daxili aləminə müraciət etmədən dərk oluna bilməz. Yazıçı cəmiyyətin mənəvi sağlamlığını hər bir fərdin vicdanı, əxlaqi seçimi və başqasının taleyinə münasibəti ilə əlaqələndirir. Buna görə də onun irəli sürdüyü rus ideyası dövlət və siyasət mərkəzli konsepsiyadan uzaq, insanın mənəvi kamilləşməsinə əsaslanan humanist baxışlar sistemidir.

Rus ideyasının bu şəkildə şərhə Dostoyevskinin yaradıcılığını XIX əsrin digər ictimai-fəlsəfi konsepsiyalarından fərqləndirən əsas cəhətlərdən biridir. Yazıçı milli özünüdərk ümumbəşəri humanizmə qarşı qoymur, əksinə insan sevgisini, mərhəməti və müsbət xarakter xüsusiyyətlərini milli inkişafın əsas şərtləri kimi qiymətləndirir. Bu baxımdan rus ideyası Dostoyevski yaradıcılığında humanist insan konsepsiyasının əsası kimi çıxış edir. Dostoyevskinin sosial-fəlsəfi baxışları uzun və mürəkkəb inkişaf yolu keçmişdir. Yazıçının gənclik illərində ədalətli cəmiyyət qurmaq arzusu, sosial bərabərlik ideyalarına marağı və dövrün qabaqcıl ziyalıları ilə ünsiyyəti onun dünyagörüşünün ilkin istiqamətini müəyyənləşdirmişdir. Lakin sonrakı həyat təcrübəsi, xüsusilə həbs və Sibir sürgünü, Dostoyevskinin insan, cəmiyyət və mənəviyyat haqqında düşüncələrinə ciddi təsir göstərmişdir. Yazıçının bu dövrdən sonrakı əsərlərində insanın mənəvi aləmi sosial və siyasi problemlərdən daha ön plana çıxır. Dostoyevski həyatın ağır sınaqları ilə üzləşdikcə belə bir qənaətə gəlir ki, cəmiyyətin yenilənməsi yalnız ictimai quruluşun dəyişməsi ilə mümkün deyil. Onun fikrincə, əgər insanın mənəvi dünyasında dəyişiklik baş vermirsə, heç bir siyasi islahat və ya sosial qanunlar cəmiyyətə həqiqi ədalət gətirə bilməz. Buna görə də yazıçının sonrakı yaradıcılığında insan və onun daxili aləmi əsas tədqiqat obyektinə çevrilir. Məhz bu mərhələdə Dostoyevski rus

ideyasını yeni məzmununda dərk etməyə başlayır. O, Rusiyanın gələcəyini başqa xalqlardan üstün olmaqda deyil, mənəvi dəyərlərə söykənən cəmiyyət qurmaqda görürdü. Yazıçının düşüncəsində xalq anlayışı etnik və ya siyasi mənə daşımırdı. O, xalqı tarix boyu formalaşmış mənəvi dəyərlərin daşıyıcısı kimi qiymətləndirirdi. Buna görə də xalqın gücünü iqtisadi və ya hərbi qüdrətlə qiymətləndirmir, mərhəmət və mənəvi birlik kimi keyfiyyətlərlə əlaqələndirirdi. Dostoyevskinin publisistik irsində də bu mövqe ardıcıl şəkildə öz əksini tapır. O, dövrün siyasi qarşıdurmalarını təhlil edərkən cəmiyyətin əsas problemini ideoloji fikir ayrılıqlarından uzaq, insanların bir-birinə qarşı etimadını və mənəvi bağlılığını itirməsində görürdü. Yazıçının fikrincə, insanın öz vicdanı qarşısında məsuliyyət hissi zəiflədikcə cəmiyyət də mənəvi böhran yaşayır. Bu baxımdan rus ideyası ilk növbədə insanın mənəvi cəhətdən yenilənməsinə çağırış kimi dəyərləndirilir.

Yazıçının bədii əsərləri də bu düşüncələrin bədii ifadəsinə çevrilmişdir. Müxtəlif xarakterə malik qəhrəmanlar fərqli həyat yolları seçsələr də, onların taleyini birləşdirən əsas cəhət mənəvi seçim qarşısında qalmalarıdır. Yazıçının humanist insan konsepsiyası da məhz bu ideyalar üzərində formalaşır və rus ideyasının əsas məzmununu təşkil edir. Yazıçının qəhrəmanları müxtəlif sosial təbəqələri, fərqli xarakterləri və dünyagörüşlərini təmsil etsələr də, onların keçdiyi mənəvi yol eyni həqiqətə – vicdanın oyanmasına və insanın daxili yenilənməsinə istiqamətlənir. Bu baxımdan rus ideyası yazıçının yaradıcılığında siyasi və ya milli üstünlük konsepsiyasından daha çox insanın mənəvi kamilliyini əsas götürən humanist baxış kimi təqdim olunur.

Bu ideyanın ən parlaq bədii ifadələrindən biri "Cinayət və cəza" romanında Rodion Raskolnikovun mənəvi təkamülüdür. Romanın əvvəlində Raskolnikov özünü "qeyri-adi insan" hesab edərək əxlaq qanunlarını aşmağa haqqı olduğuna inanır. Lakin cinayətdən sonra onu hüquqi təqibdən daha çox vicdan əzabı sarsıdır. Yazıçı oxucunun diqqətini istintaq prosesindən çox qəhrəmanın daxilində baş verən psixoloji dəyişikliklərə yönəldir. Bu dəyişimin dönüş nöqtəsi Sonya Marmeladova ilə görüş səhnəsində müşahidə olunur. Sonyanın Raskolnikova İncildən Lazarın dirilməsi haqqında parçanı oxuması təsadüfi epizod deyildir. Dostoyevski bu səhnə vasitəsilə fiziki dirilmədən daha çox insanın mənəvi dirçəlişi ideyasını ön plana çəkir. Lazarın yenidən həyata qayıtması Raskolnikovun vicdanının oyanmasının və mənəvi yenilənməsinin rəmzi mənə daşıyır. Yazıçı bununla göstərir ki, insanı həqiqətə aparan yol tövbədən, mərhəmətdən və mənəvi özünüdərkədən keçir.

"İdiot" romanında isə humanist insan konsepsiyası Knyaz Mışkin obrazında təcəssüm olunur. Mışkinin Nastasya Filippovnaya münasibəti yazıçının insan haqqında fəlsəfi baxışlarını anlamaq baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Cəmiyyət Nastasya Filippovnanı keçmişinə görə mühakimə etdiyi halda, Mışkin onun faciəsini görür və onu günahkar görmür, dərin mənəvi izzətlə yaşayan insan kimi qəbul edir. O, Nastasya Filippovnaya acımır, onun ləyaqətini qorumaq istəyi ilə yanaşır. Bu münasibət Dostoyevskinin humanizminin əsas xüsusiyyətini üzə çıxarır. İnsanın dəyəri onun keçmiş səhvlərindən uzaq, mənəvi mahiyyəti ilə müəyyən olunur. Beləliklə, Mışkin obrazı vasitəsilə yazıçı mərhəmətin hökm verməkdən daha yüksək əxlaqi dəyər olduğunu göstərir.

Humanist insan konsepsiyası "Karamazov qardaşları" romanında Alyoşa Karamazov obrazı ilə daha da dərinləşdirilir. Alyoşanın mənəvi dünyasının formalaşmasında Zosima xarakterinin mühüm rolu vardır. Zosima insanın başqalarının taleyinə görə də məsuliyyət daşdığını, sevginin isə əməl və davranışla təsdiqlənən mənəvi dəyər olduğunu öyrədir. Bu düşüncələr Alyoşanın sonrakı davranışında öz təsdiqini tapır. Romanın sonunda məktəblilərlə görüş səhnəsi təsadüfi epizod deyil, əsərin ideya yekunu kimi çıxış edir. Alyoşa uşaqlara bir-birinə sədaqətli olmağı, yaxşı xatirələri qorumağı və həyatın çətin anlarında həmin xatirələrin insana mənəvi dayaq olacağını söyləyir. Bu çağırış bütövlükdə cəmiyyətə ünvanlanmış humanist fikirdir. Yazıçı göstərir ki, cəmiyyətin gələcəyi sevgi, qarşılıqlı etimad və mənəvi birlik üzərində qurulmalıdır.

Raskolnikov, Knyaz Mışkin və Alyoşa Karamazov fərqli xarakterlərə, fərqli talelərə və fərqli həyat mövqelərinə malik olsalar da, onların mənəvi inkişaf yolu eyni nəticəyə gətirib çıxarır. Raskolnikov vicdan əzabı və tövbə yolu ilə mənəvi dirçəlişə çatır, Mışkin mərhəməti insan münasibətlərinin əsası kimi qəbul edir, Alyoşa isə insan sevgisini cəmiyyətin mənəvi yenilənməsinin əsas şərti hesab edir. Bu baxımdan Dostoyevskinin rus ideyası nəzəri

konsepsiyadan kənara çıxaraq insanın daxili aləmində baş verən mənəvi dəyişimin bədii modeli kimi formalaşır. Yazıçının yaratdığı obrazlar göstərir ki, insanın həqiqi böyüklüyü vicdanını qorumaqda, başqasının ağrısını duymaqda və əxlaqi məsuliyyət hissini itirməməkdədir.

Beləliklə, Dostoyevskinin dünyagörüşünün təkamülü onun rus ideyasına münasibətini də müəyyənləşdirmişdir. Yazıçı bu ideyanı insanın mənəvi inkişafına xidmət edən əxlaqi prinsip kimi dərk etmiş, bədii yaradıcılığında bu mövqeyi açıq müdafiə etmişdir.

Ədəbiyyat

1. Dostoyevski F. M. Cinayət və cəza. – Bakı: "Öndər" nəşriyyatı, 2004. – 560 s.
2. Dostoyevski, F.M. Karamazov qardaşları. Bakı: Qanun Nəşriyyatı. 2024. – 848 s.
3. Dostoyevski, F. M. İdiot. Bakı: Şərq-Qərb. 2006. – 728 s.
4. Достоевский, Ф. М. (1972–1980). Дневник писателя 1877. Январь–август. В Полное собрание сочинений (Т. 25, с. 96–98). Ленинград: Наука.
5. Сухотина Л. Г. Достоевский в общественной мысли России второй половины XIX – начала XX века // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 277. С. 64–72.

XXI ƏSR BACARIQLARININ FORMALAŞDIRILMASI**Dosent, pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru Pəri Paşayeva****Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti****E-poçt: p.semsizade@mail.ru****ORCID: 0000-0002-8332-3387****XXI. YÜZYIL BECERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ****Peri Paşayeva****Özet**

Günümüzde küreselleşme, bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi ve iş gücü piyasasının değişen talepleri eğitim sisteminin karşısına yeni görevler koymuştur. Geleneksel bilgilerin kazandırılmasının yanı sıra, öğrenci ve gençlerde XXI. yüzyılın gerektirdiği becerilerin geliştirilmesi özel bir önem taşımaktadır. XXI. yüzyıl becerileri; bireyin değişen sosyal ve ekonomik koşullara uyum sağlamasını mümkün kılan, yaratıcılık, eleştirel düşünme, iletişim, iş birliği, bilgi okuryazarlığı, dijital yeterlilikler ve problem çözme gibi özelliklerini geliştiren bir beceri sistemidir. Bu becerilerin geliştirilmesi, çağdaş eğitimin temel amaçlarından biri olarak kabul edilmektedir.

Makalede XXI. yüzyıl becerilerinin özü, temel bileşenleri ve eğitim sürecinde kazandırılma yolları incelenmiştir. Çağdaş eğitimin yalnızca teorik bilgilerin aktarılmasına değil, aynı zamanda öğrenenlerin bağımsız düşünme, yaratıcı yaklaşım ve iş birliği becerilerinin geliştirilmesine de yönelmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda aktif öğrenme yöntemleri, proje tabanlı öğrenme, problem temelli öğrenme, dijital teknolojilerin kullanımı ve araştırma odaklı etkinlikler özel önem taşımaktadır.

Araştırma sonucunda, XXI. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesinin öğrencilerin sosyalleşmesine, bilgi ortamında etkin bir şekilde faaliyet göstermesine ve gelecekteki mesleki yaşamlarında başarı elde etmelerine önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir. Çağdaş öğretmen yalnızca bilgi aktaran kişi değil, aynı zamanda öğrenme sürecini düzenleyen, yönlendiren ve öğrencilerde çeşitli yeterliliklerin gelişmesine uygun ortam oluşturan bir kolaylaştırıcı rolünü üstlenmelidir. Aynı zamanda aile, okul ve toplum arasındaki iş birliği de bu sürecin başarılı bir şekilde yürütülmesinde önemli faktörlerden biridir.

Sonuç olarak, XXI. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesi eğitim sisteminin temel önceliklerinden biri olmanın yanı sıra toplumun sosyoekonomik gelişimine ve insan sermayesinin oluşumuna da önemli katkılar sağlamaktadır. Bu nedenle çağdaş eğitim stratejilerinde yeterlilik temelli yaklaşımın yaygın olarak uygulanması gerekli görülmektedir.

Anahtar kelimeler: XXI. yüzyıl becerileri, eleştirel düşünme, dijital okuryazarlık, iş birliği, yeterlilik.

DEVELOPMENT OF 21ST CENTURY SKILLS

Peri Pashayeva

Abstract

In the modern era, globalization, the rapid development of information and communication technologies, and the changing demands of the labor market have posed new challenges to the education system. In addition to the acquisition of traditional knowledge, the development of skills required by the twenty-first century among pupils and students has become particularly important. Twenty-first century skills represent a system of competencies that enable individuals to adapt to changing social and economic conditions and foster such qualities as creativity, critical thinking, communication, collaboration, information literacy, digital competencies, and problem-solving abilities. The development of these skills is considered one of the primary objectives of modern education.

This article examines the essence of twenty-first century skills, their main components, and the ways of developing them within the educational process. It is emphasized that contemporary education should focus not only on the transmission of theoretical knowledge but also on promoting independent thinking, creative approaches, and collaborative abilities among learners. In this regard, active learning methods, project-based learning, problem-based learning, the integration of digital technologies, and research-oriented activities are of particular importance.

The study has revealed that the development of twenty-first century skills significantly contributes to learners' socialization, their effective functioning in the information environment, and their future professional success. A modern teacher should not merely be a transmitter of knowledge but should also act as a facilitator who organizes and guides the learning process and creates favorable conditions for the development of various competencies among students. At the same time, cooperation among family, school, and society is one of the essential factors ensuring the successful implementation of this process.

In conclusion, the development of twenty-first century skills is not only one of the major priorities of the education system but also makes a significant contribution to the socioeconomic development of society and the formation of human capital. Therefore, the widespread implementation of a competency-based approach in modern educational strategies is considered essential.

Keywords: 21st century skills, critical thinking, digital literacy, collaboration, competence.

XXI ƏSR BACARIQLARININ FORMALAŞDIRILMASI

Xülasə

Müasir dövrdə qloballaşma, informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və əmək bazarının dəyişən tələbləri təhsil sisteminin qarşısında yeni vəzifələr müəyyənləşdirmişdir. Ənənəvi biliklərin mənimsədilməsi ilə yanaşı, şagird və tələbələrdə XXI əsrin tələblərinə uyğun bacarıqların formalaşdırılması xüsusi aktualıq kəsb edir. XXI əsr bacarıqları fərdin dəyişən sosial və iqtisadi şəraitə uyğunlaşmasını təmin edən, onun yaradıcılıq, tənqidi düşünmə, ünsiyyət, əməkdaşlıq, informasiya savadlılığı, rəqəmsal kompetensiyalar və problemlərin həlli kimi xüsusiyyətlərini inkişaf etdirən bacarıqlar sistemidir. Bu bacarıqların inkişafı müasir təhsilin əsas məqsədlərindən biri hesab olunur.

Məqalədə XXI əsr bacarıqlarının mahiyyəti, onların əsas komponentləri və təhsil prosesində formalaşdırılması yolları araşdırılmışdır. Qeyd olunur ki, müasir təhsil yalnız nəzəri biliklərin ötürülməsinə deyil, həm də öyrənənlərin müstəqil düşünmə, yaradıcı yanaşma və əməkdaşlıq bacarıqlarının inkişafına yönəlməlidir. Bu baxımdan fəal təlim metodları, layihə əsaslı öyrənmə, problem əsaslı təlim, rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi və tədqiqat yönümlü fəaliyyətlər xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Araşdırma zamanı müəyyən edilmişdir ki, XXI əsr bacarıqlarının formalaşdırılması təhsilənlərin sosiallaşmasına, informasiya məkanında səmərəli fəaliyyət göstərməsinə və gələcək peşə həyatında uğur qazanmasına mühüm təsir göstərir. Müasir müəllim yalnız bilik ötürən şəxs deyil, həm də öyrənmə prosesini təşkil edən, istiqamətləndirən və şagirdlərdə müxtəlif kompetensiyaların inkişafına şərait yaradan fasilitator rolunu yerinə yetirməlidir. Eyni zamanda ailə, məktəb və cəmiyyətin qarşılıqlı əməkdaşlığı da bu prosesin uğurla həyata keçirilməsində mühüm amillərdən biridir.

Nəticə etibarilə, XXI əsr bacarıqlarının inkişafı təhsil sisteminin əsas prioritetlərindən biri olmaqla yanaşı, cəmiyyətin sosial-iqtisadi inkişafına və insan kapitalının formalaşmasına da mühüm töhfə verir. Buna görə də müasir təhsil strategiyalarında kompetensiyaya əsaslanan yanaşmanın geniş tətbiqi zəruri hesab edilir.

Açar sözlər: XXI əsr bacarıqları, tənqidi düşünmə, rəqəmsal savadlılıq, əməkdaşlıq, kompetensiya.

GİRİŞ

Müasir dünyada baş verən elmi-texniki tərəqqi, rəqəmsallaşma və qloballaşma prosesləri insan həyatının bütün sahələrində köklü dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu dəyişikliklər təhsil sisteminə də təsir göstərərək yeni yanaşmaların formalaşmasına şərait yaratmışdır. Əgər əvvəlki dövrlərdə təhsilin əsas məqsədi şagirdlərə müəyyən həcmdə bilik verməkdən ibarət idisə, hazırda əsas məqsəd dəyişən şəraitə uyğunlaşa bilən, yaradıcı düşünən, problemləri həll etməyi bacaran, informasiya texnologiyalarından səmərəli istifadə edən və effektiv ünsiyyət qura bilən şəxsiyyət yetişdirməkdən ibarətdir.

XXI əsrdə əmək bazarının tələbləri sürətlə dəyişir. Bir çox ənənəvi peşələr aradan qalxır, yeni peşələr meydana gəlir. Bu şəraitdə insanların uğurlu fəaliyyəti yalnız akademik biliklərlə məhdudlaşmır. Şəxsin əməkdaşlıq, liderlik, kommunikasiya, yaradıcılıq və tənqidi düşünmə bacarıqları onun peşəkar inkişafında mühüm rol oynayır. Buna görə də dünya təhsil sistemlərində kompetensiya əsaslı yanaşmaya üstünlük verilir.

Müasir təhsildə XXI əsr bacarıqları anlayışı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu bacarıqlar insanın həm fərdi, həm də peşəkar həyatında uğur qazanmasına, dəyişən mühitə uyğunlaşmasına və davamlı öyrənmə prosesində fəal iştirak etməsinə imkan yaradır. Məhz buna görə də XXI əsr bacarıqlarının formalaşdırılması təhsil siyasətinin prioritet istiqamətlərindən biri hesab olunur. [1, 236]

XXI əsr bacarıqlarının mahiyyəti. XXI əsr bacarıqları insanın müasir cəmiyyətdə uğurlu fəaliyyətini təmin edən bilik, bacarıq və münasibətlər sistemidir. Bu bacarıqlar yalnız müəyyən məlumatların mənimsənilməsi ilə məhdudlaşmır, həm də həmin biliklərin praktik fəaliyyətdə tətbiqini nəzərdə tutur.

Müasir pedaqoji ədəbiyyatda XXI əsr bacarıqları aşağıdakı istiqamətlər üzrə qruplaşdırılır: tənqidi düşünmə; yaradıcı təfəkkür; problemlərin həlli bacarıqları; kommunikasiya və əməkdaşlıq; rəqəmsal savadlılıq; informasiya savadlılığı; sosial və emosional bacarıqlar; liderlik və təşəbbüskarlıq; çeviklik və adaptasiya.

Bu bacarıqlar bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olmaqla insanın hərtərəfli inkişafını təmin edir.

Tənqidi düşünmə və problemlərin həlli bacarıqları. Tənqidi düşünmə XXI əsr bacarıqları arasında xüsusi yer tutur. Bu bacarıq fərdin məlumatları təhlil etməsinə, müxtəlif mənbələri müqayisə etməsinə və əsaslandırılmış nəticələr çıxarmasına imkan verir. Müasir informasiya cəmiyyətində insanların böyük həcmdə məlumatla qarşılaşması onların düzgün seçim etməsini zəruri edir.

Problemlərin həlli bacarıqları isə mürəkkəb situasiyalarda alternativ yollar tapmağa, müxtəlif yanaşmaları qiymətləndirməyə və optimal qərarlar qəbul etməyə kömək edir. Bu bacarıqların inkişafı üçün müəllimlər problem əsaslı təlim, müzakirələr və tədqiqat üsullarından istifadə etməlidirlər.

Yaradıcılıq və innovativ düşüncə. Yaradıcılıq müasir dövrdə ən çox tələb olunan keyfiyyətlərdən biridir. İnnovativ düşüncə yeni ideyaların yaranmasına, fərqli həll yollarının tapılmasına və təşəbbüskarlığın inkişafına şərait yaradır.

Yaradıcı bacarıqların inkişaf etdirilməsi üçün şagirdlərə sərbəst düşünmək, müxtəlif layihələr həyata keçirmək və müstəqil araşdırmalar aparmaq imkanı yaradılmalıdır. Layihə əsaslı təlim və tədqiqat yönümlü fəaliyyətlər bu baxımdan mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Kommunikasiya və əməkdaşlıq bacarıqları. Müasir cəmiyyətdə effektiv ünsiyyət qurmaq və komanda şəklində işləmək uğurun vacib şərtlərindəndir. Kommunikasiya bacarıqları insanın fikirlərini aydın ifadə etməsinə, qarşılıqlı anlaşmaya nail olmasına və sosial münasibətləri inkişaf etdirməsinə kömək edir.

Əməkdaşlıq bacarıqları isə komanda daxilində fəaliyyət göstərmək, müxtəlif fikirlərə hörmətlə yanaşmaq və ortaq məqsədə nail olmaq üçün vacibdir. Qrup işləri, debatlar, layihələr və interaktiv təlim üsulları bu bacarıqların inkişafına müsbət təsir göstərir.

Rəqəmsal və informasiya savadlılığı. Rəqəmsallaşma dövründə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından istifadə bacarığı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Rəqəmsal savadlılıq kompüter, internet və müxtəlif proqram vasitələrindən səmərəli istifadə etməyi nəzərdə tutur.

İnformasiya savadlılığı isə əldə edilən məlumatların qiymətləndirilməsi, etibarlı mənbələrin seçilməsi və informasiyanın düzgün istifadəsi ilə bağlıdır. Bu bacarıqlar kibertəhlükəsizlik, media savadlılığı və rəqəmsal etik davranışla sıx əlaqəlidir. [2, 66]

XXI əsr bacarıqlarının formalaşdırılmasında müəllimin rolu. Müasir müəllim təlim prosesində fasilitator və istiqamətləndirici rolunu yerinə yetirir. Müəllim şagirdlərə hazır bilik verməklə kifayətlənməməli, onların müstəqil araşdırma aparmasına və yaradıcı fəaliyyətinə şərait yaratmalıdır.

XXI əsr bacarıqlarının inkişafında müəllim aşağıdakı vəzifələri yerinə yetirir: fəal təlim metodlarından istifadə edir; layihə və tədqiqat fəaliyyətini təşkil edir; rəqəmsal texnologiyalardan istifadəni təşviq edir; əməkdaşlıq mühiti yaradır; şagirdlərin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə alır; motivasiyaedici öyrənmə mühiti formalaşdırır.

XXI əsr bacarıqlarının inkişafında təlim metodları. Bu bacarıqların formalaşdırılması üçün aşağıdakı metodlar daha effektiv hesab edilir:

Problem əsaslı təlim. Şagirdlərin qarşısına müəyyən problem qoyulur və onlar həmin problemi müstəqil şəkildə həll etməyə çalışırlar.

Layihə əsaslı öyrənmə. Şagirdlər praktik fəaliyyətə əsaslanan layihələr hazırlayır, araşdırmalar aparır və əldə etdikləri nəticələri təqdim edirlər.

Kooperativ təlim. Qrup işi və əməkdaşlıq vasitəsilə kommunikasiya və sosial bacarıqlar inkişaf etdirilir.

İnteraktiv metodlar. Debat, beyin həmləsi, diskussiya və təqdimatlar tənqidi düşünmənin və yaradıcı təfəkkürün inkişafına kömək edir.

Rəqəmsal təhsil texnologiyaları. Elektron platformalar, virtual laboratoriyalar və süni intellekt əsaslı vasitələr təlim prosesinin səmərəliliyini artırır və öyrənmələrin müstəqil fəaliyyətinə şərait yaradır.

NƏTİCƏ.

Müasir cəmiyyətin inkişafı insan kapitalının keyfiyyətindən bilavasitə asılıdır. Bu baxımdan XXI əsr bacarıqlarının formalaşdırılması yalnız təhsil sisteminin deyil, bütövlükdə cəmiyyətin inkişafının mühüm şərtlərindən biri hesab olunur. Tənqidi düşünmə, yaradıcılıq, kommunikasiya, əməkdaşlıq və rəqəmsal savadlılıq kimi bacarıqlar fərdin peşəkar və sosial fəaliyyətində uğur qazanmasına imkan yaradır.

Müəyyən edilmişdir ki, ənənəvi tədris metodları ilə yanaşı, layihə əsaslı təlim, problem əsaslı öyrənmə və rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi XXI əsr bacarıqlarının inkişafına daha əlverişli şərait yaradır. Bu prosesdə müəllimin peşəkarlığı, təhsil mühitinin keyfiyyəti və ailə-məktəb əməkdaşlığı mühüm rol oynayır.

Beləliklə, müasir təhsil sistemi biliklərin sadəcə ötürülməsinə deyil, şəxsiyyətin hərtərəfli inkişafına və onun gələcək həyat üçün zəruri kompetensiyalarla təmin olunmasına yönəlməlidir. XXI əsr bacarıqlarının inkişafı davamlı təhsilin, innovativ cəmiyyətin və rəqəbatqabiliyyətli insan kapitalının formalaşdırılmasının əsas şərtlərindən biridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Abbasov A. Pedagogika. Bakı: Mütərcim, 2019.
2. Ağayev Ə. Təlim prosesinin nəzəri və praktik məsələləri. Bakı, 2018.
3. Həsənov A. Müasir təhsil texnologiyaları. Bakı: Elm və təhsil, 2021.
4. Partnership for 21st Century Learning (P21). Framework for 21st Century Learning. Washington, 2019.
5. UNESCO. Education 2030 Framework for Action. Paris, 2017.

QARABAĞ DİALEKTİNİN LEKSİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Baş müəllim Arzu Kərimova

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,

Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası, E-poçt: arzucarimova15@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2662-6015

KARABAĞ AĞZININ LEKSİK ÖZELLİKLERİ

Arzu Karimova

Özet

Azərbaycan Türkçəsi, zengin lehçe və ağız sistemine sahip olan kadim dillerden biridir. Bu ağızlar içerisinde Karabağ ağızı, hem fonetik hem morfolojik hem de leksik özellikleri bakımından özel bir yere sahiptir. Karabağ bölgesi, tarihî, coğrafi ve etnik açıdan çeşitli kültürel etkilerin kesişim noktasında bulunduğundan, burada şekillenen dil özellikleri de kendine özgü zenginliğiyle dikkat çekmektedir. Karabağ ağzının söz varlığı, halkın ekonomik yaşamı, günlük hayatı, etnografyası, gelenek ve görenekləri ile dünya görüşüyle yakından ilişkilidir. Bu ağızda kullanılan birçok sözcük, eski Türk dillerine ait unsurları korumuş, bir kısmı ise farklı tarihî dönemlerde Arapça, Farsça ve diğer dillerle olan temaslar sonucunda ortaya çıkmıştır.

Karabağ ağzının leksik sistemi, genel halk dilinde kullanılmayan veya sınırlı ölçüde kullanılan çok sayıda kelime ve ifadeyle zengindir. Bu kelimeler arasında tarım, hayvancılık, günlük yaşam, akrabalık ilişkileri, iş aletleri, giyim ve yemek adlarıyla ilgili birimler önemli bir yer tutmaktadır. Ağızda eş anlamlılık, çok anlamlılık, arkaik kelimeler ve etnografik nitelikli sözcükler yaygın olarak görülmektedir. Bu özellikler, Karabağ bölgesinin tarihini, kültürünü ve etnik özelliklerini yansıtan önemli dil olguları olarak kabul edilmektedir.

Makalede Karabağ ağzının leksik özellikleri farklı açılardan incelenmekte, ağız kelimelerinin kökeni, anlamsal özellikleri ve Azerbaycan edebî dili ile karşılıklı ilişkileri araştırılmaktadır. Ayrıca ağızda korunmuş eski Türk kökenli kelimeler, günlük yaşam ve ekonomik faaliyetlerle ilgili terimler, akrabalık bildiren leksik birimler ve etnografik nitelikli ifadeler ele alınmaktadır. Araştırma, Karabağ ağzının Azerbaycan Türkçesinin tarihî gelişim aşamalarının incelenmesi, eski leksik katmanların belirlenmesi ve millî-kültürel mirasın korunması açısından önemli bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Ağzın söz varlığı, halkın millî kimliğini, dünya görüşünü ve kültürel değerlerini yaşatan önemli bir dil hazinesidir.

Anahtar kelimeler: Karabağ ağızı, leksik özellikler, diyalektoloji, etnografik leksik, Azerbaycan Türkçesi.

LEXICAL FEATURES OF THE KARABAKH DIALECT

Arzu Karimova

Abstract

The Azerbaijani language is one of the ancient languages possessing a rich system of dialects and subdialects. Among these, the Karabakh dialect occupies a special place due to its distinctive phonetic, morphological, and lexical characteristics. Since the Karabakh region has historically been situated at the crossroads of various cultural influences from geographical and ethnic perspectives, the linguistic features formed in this area are characterized by remarkable diversity and richness. The vocabulary of the Karabakh dialect is closely connected with the people's economic activities, everyday life, ethnographic traditions, customs, and worldview. Many words used in this dialect preserve elements belonging to ancient Turkic languages, while some emerged through contacts with Arabic, Persian, and other languages during different historical periods.

The lexical system of the Karabakh dialect is rich in numerous words and expressions that are either absent from the standard language or used only to a limited extent. Among these lexical units, terms related to agriculture, animal husbandry, everyday life, kinship relations, working tools, clothing, and food occupy a prominent place. Synonymy, polysemy, archaic vocabulary, and ethnographic terms are widely observed in the dialect. These features constitute important linguistic facts reflecting the history, culture, and ethnic characteristics of the Karabakh region.

This article analyzes the lexical features of the Karabakh dialect from various perspectives and examines the origin of dialectal words, their semantic characteristics, and their interrelations with the Azerbaijani literary language. In addition, ancient Turkic words preserved in the dialect, terms related to everyday life and economic activities, lexical units expressing kinship relations, and ethnographic expressions are discussed. The study demonstrates that the Karabakh dialect is of great importance for investigating the historical stages of development of the Azerbaijani language, identifying ancient lexical layers, and preserving the national and cultural heritage. The vocabulary of the dialect represents a valuable linguistic treasury that preserves the national identity, worldview, and cultural values of the people.

Keywords: Karabakh dialect, lexical features, dialectology, ethnographic vocabulary, Azerbaijani language.

QARABAĞ DİALEKTİNİN LEKSİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Xülasə

Azərbaycan dili zəngin dialekt və şivə sisteminə malik olan qədim dillərdən biridir. Bu dialektlər içərisində Qarabağ dialekti həm fonetik, həm morfoloji, həm də leksik xüsusiyyətlərinə görə xüsusi yer tutur. Qarabağ bölgəsi tarixi, coğrafi və etnik baxımdan müxtəlif mədəni təsirlərin qovşağında yerləşdiyindən burada formalaşmış dil xüsusiyyətləri də özünəməxsus zənginliyi ilə seçilir. Qarabağ dialektinin lüğət tərkibi xalqın təsərrüfat həyatı, məişəti, etnoqrafiyası, adət-ənənələri və dünyagörüşü ilə sıx bağlıdır. Bu dialektə işlənən bir çox sözlər qədim türk dillərinə aid elementləri qoruyub saxlamış, bir qismi isə müxtəlif tarixi dövrlərdə ərəb, fars və digər dillərlə təmas nəticəsində yaranmışdır.

Qarabağ dialektinin leksik sistemi ümumxalq dilində işlənməyən, yaxud məhdud şəkildə istifadə olunan çoxsaylı söz və ifadələrlə zəngindir. Həmin sözlər arasında kənd təsərrüfatı, heyvandarlıq, məişət, qohumluq münasibətləri, əmək alətləri, geyim və yemək adları ilə bağlı vahidlər xüsusi yer tutur. Dialektə sinonimlik, çoxmənalılıq, arxaik leksika və etnoqrafik sözlər geniş şəkildə müşahidə olunur. Bu xüsusiyyətlər Qarabağ bölgəsinin tarixini, mədəniyyətini və etnik xüsusiyyətlərini əks etdirən mühüm dil faktları hesab edilir.

Məqalədə Qarabağ dialektinin leksik xüsusiyyətləri müxtəlif istiqamətlərdən təhlil edilir, dialekt sözlərinin mənşəyi, semantik xüsusiyyətləri və Azərbaycan ədəbi dili ilə qarşılıqlı əlaqələri araşdırılır. Həmçinin dialektə qorunub saxlanmış qədim türk mənşəli sözlər, məişət və təsərrüfatla bağlı terminlər, qohumluq bildirən leksik vahidlər və etnoqrafik xarakterli ifadələr nəzərdən keçirilir. Araşdırma göstərir ki, Qarabağ dialekti Azərbaycan dilinin tarixi inkişaf mərhələlərinin öyrənilməsi, qədim leksik qatların müəyyənləşdirilməsi və milli-mədəni irsin qorunması baxımından mühüm əhəmiyyətə malikdir. Dialektin lüğət tərkibi xalqın milli kimliyini, dünyagörüşünü və mədəni dəyərlərini yaşadan mühüm dil xəzinəsidir.

Açar sözlər: Qarabağ dialekti, leksik xüsusiyyətlər, dialektologiya, etnoqrafik leksika, Azərbaycan dili.

GİRİŞ

Azərbaycan dili zəngin dialekt və şivə müxtəlifliyi ilə seçilən qədim türk dillərindən biridir. Müxtəlif tarixi şərait, coğrafi mövqe və etnik əlaqələr nəticəsində ölkənin ayrı-ayrı bölgələrində özünəməxsus dil xüsusiyyətləri formalaşmışdır. Bu baxımdan Qarabağ dialekti Azərbaycan dilinin ən qədim və zəngin dialektlərindən biri hesab olunur. Qarabağ bölgəsinin əsrlər boyu mühüm mədəni və iqtisadi mərkəzlərdən biri olması burada müxtəlif dil elementlərinin qarşılıqlı təsirinə səbəb olmuşdur.

Qarabağ dialektində qorunub saxlanılan leksik vahidlər xalqın məişətini, təsərrüfat həyatını, adət-ənənələrini və etnik xüsusiyyətlərini özündə əks etdirir. Dialekt sözləri yalnız dil faktı kimi deyil, həm də xalqın tarixi yaddaşını yaşadan mədəni irs nümunələri kimi böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu sözlərin bir qismi qədim türk dillərindən miras qalmış, digər hissəsi isə tarixi inkişaf prosesində müxtəlif dillərlə əlaqələr nəticəsində yaranmışdır.

Qarabağ dialektinin leksik xüsusiyyətlərinin araşdırılması Azərbaycan dilinin tarixi inkişaf qanunauyğunluqlarını öyrənmək, qədim leksik qatları müəyyənləşdirmək və milli-mədəni irsin qorunmasına xidmət etmək baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Müasir dövrdə qloballaşma və dil standartlaşması şəraitində dialekt sözlərinin tədqiqi və onların gələcək nəsillərə çatdırılması xüsusi aktualıq qazanmışdır.

ƏSAS HİSSƏ. Qarabağ dialektinin lüğət tərkibinin ümumi xüsusiyyətləri. Qarabağ dialekti zəngin lüğət ehtiyatına malikdir. Burada işlənən bir çox sözlər ədəbi dildə ya tamamilə işlənmir, ya da fərqli semantik çalarlara malik olur. Dialektin leksik sistemi xalqın həyat tərzilə bağlı formalaşmışdır. Əkinçilik, heyvandarlıq, bağçılıq və sənətkarlıqla əlaqədar çoxsaylı sözlər bu dialektə geniş yayılmışdır.

Məsələn, "xış", "toxumluq", "örüş", "yaylaq", "qışlaq", "ağıl", "kövşən" kimi sözlər kənd təsərrüfatı və heyvandarlıqla bağlı qədim leksik vahidlərdir. Bu sözlər xalqın təsərrüfat həyatını əks etdirən mühüm dil faktları hesab olunur. [1, 135]

Qədim türk mənşəli sözlər. Qarabağ dialektində qədim türk mənşəli sözlərin qorunub saxlanılması diqqəti cəlb edir. Bu sözlər ümumtürk dil xüsusiyyətlərinin izlərini daşıyır və Azərbaycan dilinin tarixi inkişafının öyrənilməsində mühüm rol oynayır.

"Qav", "say", "yal", "yaylaq", "güzdək", "yaraq", "sağın" kimi sözlər qədim türk dillərindən gələn leksik vahidlərdəndir. Bu sözlər həm semantik, həm də fonetik xüsusiyyətləri ilə qədim türk abidələrindəki sözlərlə müəyyən oxşarlıq göstərir.

Qədim türk leksikası Qarabağ dialektində xalqın tarixi yaddaşının dil vasitəsilə qorunmasının göstəricisidir. Belə sözlərin araşdırılması Azərbaycan dilinin qədim qatlarının müəyyənləşdirilməsinə imkan verir.

Məişət və etnoqrafik leksika. Qarabağ dialektində məişət və etnoqrafik xarakterli sözlər xüsusi yer tutur. Bu sözlər xalqın gündəlik həyatı, məişəti və adət-ənənələri ilə bağlıdır.

"Xurcun", "təndir", "səngər", "çarıq", "küzə", "həvəng", "sini", "taxta", "güyüm" kimi sözlər məişət əşyalarının adlarını ifadə edir. Həmçinin toy, yas, nişan və digər mərasimlərlə bağlı işlənən çoxsaylı ifadələr Qarabağ bölgəsinin zəngin etnoqrafik xüsusiyyətlərini əks etdirir.

Dialektə işlənən bəzi sözlər zaman keçdikcə arxaikləşmiş və yalnız yaşlı nəslin nitqində qorunub saxlanılmışdır. Bu sözlər xalqın keçmiş həyat tərzilə bağlı mühüm məlumat verir.

Qohumluq münasibətlərini bildirən sözlər. Qarabağ dialektində qohumluq münasibətlərini ifadə edən sözlər də özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir. "Əmiuşağı", "dayıoğlu", "bacıoğlu", "gəlinbacı", "bibiqızı" kimi sözlərdən başqa, bölgəyə xas müxtəlif müraciət formaları da mövcuddur.

Bəzi hallarda eyni qohumluq münasibətini ifadə edən müxtəlif sinonimlər işlədilir ki, bu da dialektin zəngin semantik xüsusiyyətlərini nümayiş etdirir.

Sinonimlik və çoxmənalılıq. Qarabağ dialektində sinonimlik geniş yayılmışdır. Eyni məfhumu ifadə etmək üçün müxtəlif sözlərdən istifadə olunur. Məsələn, "uşaq", "bala", "körpə" sözləri müxtəlif mənə çalarları ilə işlənir. [3, 164]

Çoxmənalı sözlər də dialektin səciyyəvi xüsusiyyətlərindəndir. Bir söz müxtəlif kontekstlərdə fərqli mənalar ifadə edə bilər. Bu isə dilin ifadə imkanlarını genişləndirir.

Alınma sözlər və onların xüsusiyyətləri. Qarabağ dialektində ərəb və fars mənşəli sözlər müəyyən yer tutur. Tarixi əlaqələr nəticəsində dilə daxil olmuş bu sözlər zamanla fonetik və semantik baxımdan yerli xüsusiyyətlər qazanmışdır.

"Nemət", "bərəkət", "xeyir", "dərman", "məişət", "hərəkət" kimi sözlər dialektə fəal işlənən alınma sözlər sırasındadır. Bununla yanaşı, həmin sözlər xalq danışığında müxtəlif fonetik dəyişikliklərə məruz qala bilər.

Qarabağ dialektinin leksik xüsusiyyətlərinin milli-mədəni əhəmiyyəti. Qarabağ dialektinin leksik sistemi xalqın milli yaddaşını, etnik kimliyini və mədəni irsini yaşadan mühüm vasitədir. Dialekt sözləri yalnız dil hadisəsi deyil, həm də xalqın tarixi keçmişini və mənəvi dəyərlərini əks etdirən mədəni faktlardır.

Müasir dövrdə dialekt sözlərinin toplanması, sistemləşdirilməsi və lüğətlərdə əks etdirilməsi mühüm elmi və mədəni vəzifələrdən biri hesab olunur. Qarabağ bölgəsinin işğaldan azad olunmasından sonra həmin ərazilərin dil xüsusiyyətlərinin yenidən öyrənilməsi və qorunması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

NƏTİCƏ

Qarabağ dialekti Azərbaycan dilinin zəngin dialekt sistemində mühüm yer tutur. Onun leksik xüsusiyyətləri xalqın tarixi inkişafını, məişətini, təsərrüfat fəaliyyətini və mədəni dəyərlərini əks etdirən mühüm dil faktlarıdır. Dialektə qorunub saxlanılan qədim türk mənşəli sözlər, etnoqrafik leksika, məişət terminləri və qohumluq münasibətlərini bildirən ifadələr Azərbaycan dilinin qədim qatlarının öyrənilməsi üçün mühüm mənbə rolunu oynayır.

Araşdırma göstərir ki, Qarabağ dialektinin lüğət tərkibi xalqın milli kimliyinin və tarixi yaddaşının qorunmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Bu dialektin leksik xüsusiyyətlərinin sistemli şəkildə tədqiqi Azərbaycan dialektologiyasının inkişafına, dil tarixinin öyrənilməsinə və milli-mədəni irsin qorunmasına xidmət edir.

Müasir dövrdə dialektlərin standart dilin təsiri altında müəyyən dəyişikliklərə məruz qalması onların öyrənilməsini daha da aktuallaşdırır. Qarabağ dialektinin leksik xüsusiyyətlərinin toplanması və elmi əsaslarla araşdırılması gələcək nəsillərə zəngin dil irsinin ötürülməsi baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan dialektologiyası. Bakı: Elm, 2007.
2. Azərbaycan dilinin dialektoloji lüğəti. Bakı: Şərq-Qərb, 2007.
3. Hacıyev T. Azərbaycan ədəbi dili tarixi. Bakı: Elm, 2012.
4. Abdullayev Ə. Azərbaycan dili məsələləri. Bakı: Maarif, 1992.
5. Kazımov Q. Müasir Azərbaycan dili. Bakı: Elm və Təhsil, 2010.
6. Cəfərov N. Azərbaycanşünaslığa giriş. Bakı: Təhsil, 2005.
7. Seyidov M. Azərbaycan xalqının soykökünü düşünərkən. Bakı: Yazıçı, 1989.
8. Vəliyev K. Azərbaycan dilinin tarixi leksikologiyası. Bakı: Elm, 1998.

RUS ÇOCUK EDEBİYATINDA TEMSİL TÜRÜNÜN TARİHİ

Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Edebiyat öğretim teknolojisi bölümü
(ahmadovaa708@gmail.com) ORCID: 0000-0002-2464-2513

Özet

Gogol, fabllarını “Rus halkının bilgelik kitabı” olarak adlandırdı. Çünkü sözlü halk edebiyatına çok hakimdi ve halkın konuşma dilini derinden biliyordu. Krylov'dan önce Rus yazarlar bu edebi türde yer edinmeye çalışsalar da, fabl türüne yeni bir ruh kazandıramadılar. Rus yaşam tarzına ve fabllara yeni ve ulusal bir ruh kazandıran, onları eski fablları tercüme etme yolundan ayırıp özgün ve edebi bir mücadele silahına dönüştüren Krylov oldu. Kendisinden önceki dünya edebiyatındaki fablın zengin gelişim yolunu derinlemesine inceleyen ve bu deneyimini yenilikçi bir sanatçı olarak kullanan Krylov'un fabl yaratımı, Griboyedov, Puşkin, Gogol ve Nekrasov gibi şair ve yazarlar için Rus edebiyatında gerçekçiliğin yolunu aydınlattı. Krylov, 18. yüzyılda oyun yazarı, düzyazı yazarı ve şair olarak çalıştı. Çok yönlü yaratıcı deneyimine dayanarak, İvan Andreevich sonraki yıllarda yeni bir fabl olarak edebi faaliyetine devam etti. 18. yüzyılda fabl, Rus edebiyatının en ilgi çekici ve okunabilir türlerinden biriydi. Bu durum, A. Kantemir, V. Trediakovsky, A. Sumarokov, M. Lomonosov, G. Derzhavin, A. Izmailov, V. Maykov, I. Chemnitser, A. Mazdorf ve özellikle I. Dmitriev'in yaratıcı yolculuğundan kaynaklanıyordu. Ancak, Krylov'dan daha fazla fabl yazan Sumarokov bile (378 fabl yazmıştır), fabl türünde Krylov kadar kalıcı bir etki yaratamadı. Öte yandan Krylov, fabl türünü en yüksek gelişim aşamasına taşımayı başardı. Onun ilgi çekici fablları, hem içerik hem de sanatsallık açısından eşsiz sanat örnekleriydi. Bilge bir gözle tüm bunları yaşayan ve yaratan Krylov, zamanının adaletsizliklerine karşı çıkmaktan ve yazılarıyla mutlakiyetçiliğin iç yüzünü göstermekten korkmadı; insan doğasındaki evrensel kusurları acı bir kahkahaya boğan eşsiz eserlerin sahibi ve yaratıcısıydı. Ivan Krylov, bilimi insan kalbini aydınlatan bir güneşe benzettir. Cehalet ve karanlık içinde ilerleyemeyen insanların durumunun, gözleri olmadan doğan bir insandan 100 kat daha kör olduğunu belirtti. 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın 1970'li ve 1980'li yıllarında, Krilov'un fablları Azerbaycan'daki ders kitaplarına dahil edildi.

Antik çağda yaşamış ve İlyada ve Odyseia adlı eserleri yazmış İyon şairi Homeros'un körlüğünü vurgulayarak, Homeros'un her şeyi gördüğünü söyledi. Ancak, evrenin güzelliklerini ondan gizleyen karanlık perde önünde yırtıldı. Anlayışı onun zaferiydi Yaratıcılığının oluşumunda, halkın günlük konuşmalarında ve sohbetlerinde duyduğu, derin anlamlar taşıyan halk ifadeleri, masallar ve atasözleri büyük rol oynamıştır. Krylov'un sayısız okuması ve kapsamlı gözlemleri sayesinde Rus halk diline olan derin bilgisi ve halk atasözlerini ve özdeyişlerini yerel bağlamda ustaca kullanması, seleflerinden farklı olarak edebiyat tarihinde kalıcı bir yer edinmesini sağlamıştır. Ivan Krylov, fabllarında, Çarlık rejiminin resmi çevresinin ve başındaki kişilerin sanata karşı tutumunu ve sanat ve edebiyat insanlarının sefil durumunu ustaca tasvir etmiştir. Keskin, acı bir kahkaha ve keskin bir hicivle birlikte, fabl yazarının eserlerinde olumlu halk görüşleri ve hedefleri de yansıtılmıştır. Krylov, okuyucuya vatan sevgisi, dürüstlük, cömertlik, nezaket, emeğe saygı, yetenek ve halkın yararına akıllıca faaliyet gibi nitelikler aşılamıştır. Raşid Bey Efendiyev, Mahmud Bey Mahmudbeyov, Abbas Şahat, Abdullah Şeyg ve diğerleri şairin fabllarını Azerbaycan diline çevirdi.

Anahtar Kelimeler: çocuk edebiyatı, temsili tür, halk inanışları, derin bilgi, eski fabllar, masallar ve atasözleri

THE HISTORY OF REPRESENTATION GENRE IN RUSSIAN CHILDREN'S LITERATURE**Associate Professor, Aygun Ahmadova****Azerbaijan State Pedagogical University, Department of Literature Teaching Technology****(ahmadovaa708@gmail.com) ORCID: 0000-0002-2464-2513****Abstract**

The theme Gogol called his fables "the wisdom book of the Russian people". Because he was well versed in oral folk literature and knew the spoken language of the people deeply. Before Krylov, Russian writers tried to take place in this literary genre, but they failed to give a new spirit to the fable genre. It was Krylov who gave a new and national spirit to the Russian way of life and fables, separated them from the way of translating old fables and turned them into an original and literary weapon of struggle. Krylov's fable creation, who studied the rich development of the fable in world literature before him and used this experience as an innovative artist, clarified the path of realism in Russian literature for poets and writers such as Griboyedov, Pushkin, Gogol and Nekrasov. Krylov worked as a playwright, prose writer and poet in the 18th century. Based on his versatile creative experience, Ivan Andreevich continued his literary activity as a new fable in the following years. In the 18th century, the fable was one of the most interesting and readable genres of Russian literature. This situation was caused by the creative journey of A. Kantemir, V. Trediakovsky, A. Sumarokov, M. Lomonosov, G. Derzhavin, A. Izmailov, V. Maykov, I. Chemnitser, A. Mazdorf and especially I. Dmitriev. However, even Sumarokov, who wrote more fables than Krylov (he wrote 378 fables), could not create as lasting an impact as Krylov in the fable genre. On the other hand, Krylov managed to move the fable type to the highest stage of development. His interesting fables were unique examples of art both in terms of content and artistry. Krylov, who lived and created all this with a wise eye, was not afraid to oppose the injustices of his time and show the inner face of absolutism with his writings; He was the owner and creator of unique works that drowned out the universal flaws in human nature with bitter laughter. Ivan Krylov compared science to a sun that illuminates the human heart. 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın 1970'li ve 1980'li yıllarında, Krilov'un fablları Azerbaycan'daki ders kitaplarına dahil edildi.

He stated that the condition of people who cannot progress in ignorance and darkness is 100 times more blind than a person born without eyes. The Ionian poet who lived in ancient times and wrote works called Iliad and Odyssey emphasized Homer's blindness and said that Homer saw everything. However, the dark curtain that hid the beauty of the universe from him was torn in front of him. His understanding was his triumph. In the formation of his creativity, folk expressions, tales and proverbs with deep meanings that he heard in everyday conversations and conversations of the people played a big role. Thanks to Krylov's countless readings and extensive observations, his deep knowledge of the Russian vernacular and his skillful use of folk proverbs and sayings in the local context made him, unlike his predecessors, take a permanent place in the history of literature. In his fables, Ivan Krylov skillfully depicted the attitude of the official circle of the Tsarist regime and the people at the top towards art and the miserable condition of the people of art and literature. Along with a sharp, bitter laugh and a sharp satire, the works of the author of fables also reflected positive public views and goals. Krylov instilled in the reader qualities such as love for the country, honesty, generosity, kindness, respect for work, talent and intelligent activity for the benefit of the people.

Keywords: hildren's literature, representational genre, folk beliefs, deep knowledge, old fables, fairy tales and proverbs

GİRİŞ

Azərbaycan ədəbiyyatında təmsil janrının qədimliyi N.Gəncəvinin “Sirlər xəzinəsi” poeması ilə bağlıdır. Rus ədəbiyyatında təmsil janrının kulminasiyası İ.Krılovun yaradıcılığı hesab olunur. Onun təmsilləri bir çox dillərdə, o cümlədən Azərbaycan dilində də tərcümə olunmuşdur. Yaradıcılığı ilə rus ədəbiyyatında dərin iz qoymuş şairlərdən biri də tanınmış təmsil ustası, İvan Andreyeviç Krılovdur. Krılov 1768-cu il fevralın 13-də Moskvada anadan olmuşdur. Krılova ədəbiyyat aləmində böyük şöhrət qazandıran gözəl təmsilləri olmuşdur. O, sistemli təhsil almış, müstəqil olaraq ədəbiyyatı, riyaziyyatı, fransız və italyan dillərini öyrənmişdir. 1782-ci ildə 14 yaşında əyalət mülkədarlarının adətlərini təsvir edən “Qəhvədan” adlı komik operasını yazmışdır. Krılova qədər təmsil yalnız uşaq şeiri, yüngül və əyləncəli bir məşğələ hesab olunurdu. O isə təmsili çox ciddi bədii bir janr səviyyəsinə qaldırdı, bu janrdə yazdığı orijinal bədii nümunələrlə ədəbiyyat aləmində öz imzasını qoydu. Görkəmli rus şairi A.Puşkin, məşhur ədəbi tənqidçi V.Belinski, yazıçı N.Qoqol və başqaları Krılovun həqiqi bir xalq yazıçısı olduğunu qeyd etmişlər. Hətta Qoqol onun təmsillərini “rus xalqının hikmət kitabı” adlandırmışdır. Çünki o, **şifahi xalq ədəbiyyatına** yaxşı bələd idi və xalq danışq dilini dərinləndirirdi. Ona görə də təmsillərini hər kəs üçün anlaşılan, canlı bir dildə qələmə almışdır. Ümumiyyətlə, Krılovun yaradıcılığı rus ədəbi dilinin inkişafında mühüm rol oynamışdır. Şairin təmsillərində iki xüsusiyyət var: tənqid və nəsihət. Bu əsərlərin əksəriyyətində dövrün ictimai nöqsanları, ayrı-ayrı hadisələr və adamlar hədəfə çevrilirdi. “Yeri düşəndə nöqsanları qamçılamaqdan xoşum gəlir”, deyən müəllif tülkü, qurd, aslan, ayı və digər heyvanların simasında, şəxsləndirmə (təşxis) yolu ilə cəmiyyətdəki çatışmazlıqları tənqid etmişdir. Krılovun təmsillərində çar məhkəmələrindəki ədalətsizlik (“Kəndli və Qoyun”), hakimlərin xalqın dərdindən xəbərsizliyi (“Balıqların rəqsi”), güclülərin gücsüzlər üzərində qalibiyyəti (“Qurd və Quzu”, “Qurd və Durna”), varlıların nankorluğu (“Donuz palıd ağacı altında”, “Yarpaqlar və köklər”) və s. təmsillərində bu problemlər ifşa olunurdu. Yoxsulluq, məhrumiyyət və zəhmətin nə olduğunu yaxşı bilən Krılovun yaradıcılığında gərgin əməyin, çalışqanlığın, düzlüyün, mərdliyin həyatda ən vacib amil olduğu döən-döənə vurğulanırdı. Şairin təmsilləri hələ onun sağlığında geniş yayılmış, oxucuların marağına səbəb olmuşdur. O, insanların nöqsanlarına gah qəzəblə, acı-acı, gah da yumşaq, xəfif-xəfif gülürdü. Krılov iki misrada bütöv bir xarakter yaratmağı, problemi isə diqqət mərkəzinə çəkməyi bacarırdı. Onun “Qarışqa” təmsilində bir ifadə tərzii öz təzahürünü tapmışdır. **Güclü, qüvvətli bir qarışqa varmış...Hətta hörümçəklə tək bacarırmış** Şairin təmsilləri çar II Yekaterinanın narazılığına səbəb olmuşdur. Krılov yaradıcılığının maraqlı dövründə bir müddət ədəbi fəaliyyətindən əl çəkərək əyalətlərin birində gizlənmişdir. Oxucuların “Krılov baba” deyərək müraciət etdiyi görkəmli şair 1844-cü ilin 24 noyabrında Peterburq şəhərində vəfat etmişdir. İvan Krılov rus ədəbi fikrinə mühüm bədii yeniliklər verməklə yanaşı, çar Rusiyasının müstəmləkəsi altında olan xalqların da ədəbiyyatına təsir göstərmişdir. Klassik ədəbiyyatımıza maraqlı təmsilləri ilə irs qoyub gedən şairlərimizdən A.Bakıxanov, Q.Zakir, S.Ə.Şirvani, M.Ə.Sabir, A.Səhhət, A.Şaiq, M.Seyidzadə və başqa yazıçılar Krılovun təmsil janrından məharətlə istifadə ediblər. Müəllifin sadə və mənalı təmsilləri Azərbaycan ziyalılarının da diqqətini cəlb etmişdir. Tanınmış ədib və şairlərimiz Krılovun təmsillərini tərcümə etməyi, onları geniş oxucu kütləsinə çatdırmağı şərəfli bir iş bilmişlər. Krılovun təmsillərini Azərbaycan dilinə ilk dəfə tərcümə edən ədiblərimizdən biri görkəmli yazıçı, şair, mütəfəkkir Abbasqulu ağa Bakıxanov və Həsənəli ağa Qaradağlı olmuşdur. Bakıxanov, rus şairinin “Eşşək və Bülbül” təmsilini sadə və aydın bir üslubda dilimizə çevirmişdir. Xalq ədəbiyyatı ilə yaxından tanış olan, rus xalqının zəngin danışq dilini dərinləndirən Krılov öz təmsillərini hər kəs üçün anlaşılan canlı bir dildə yazmışdır. O, rus xalqının atalar sözlərindən, məsələlərindən, nağıllarından istifadə edərək öz təmsillərini xalq ruhuna yaxınlaşdırmışdır. Bunun nəticəsində də Krılovun bir çox mənalı, hakimənə cümlə və fikirləri artıq atalar sözü kimi rus dilinə daxil olmuşdur. **XIX əsrin sonu XX əsrin 1970-80-ci illərində Krılovun təmsilləri Azərbaycanda dərsləklərə salınırdı.** Tanınmış ədib və maarif xadimləri Rəşid bəy Əfəndiyev, Mahmud bəy Mahmudbəyov, Abbas Səhhət, Abdulla Şaiq və başqaları şairin təmsillərini Azərbaycan dilinə tərcümə edirdilər. A.Şaiqin etdiyi ilk tərcümələr onun “Uşaq gözlüyü” adlı əlifba kitabında və M.Mahmudbəyovun “İkinci il” qiraət kitabında yer almışdır. Krılovun əsərlərinin ən gözəl tərcüməçiləri isə görkəmli şair Rəşid bəy Əfəndiyev və Abbas Səhhət hesab olunur. Azərbaycan oxucusu bu

yazıçıların tərcüməsində rus şairin yaradıcılığını sevmişdir. Abbas Səhhətın “Zəhmətkeş Ayı”, “Qurd və Quzu”, “Sazandalar”, “Fil və Alabaş” və s. tərcümələri uğurlu alınmışdır. “Sazandalar” təmsilində şair, çar I-ci Aleksandr dövründəki dövlət şurasının bacarıqsızlığını tənqid etmişdir. İvan Kırilov çox çətin tərcümə olunan şairlərdəndir. Onun tərcümələri ilə məşqul olan Abbas Səhhət yazırdı ki: “Kırilov orjinal bir şair olduğu üçün o, rus şairlərinin hamısından daha çətin tərcümə edilir. Onun təzadlarında, kəskin və qısa satirasında, duzlu-məzəli sözlərində, şeiriyətində elə gözəlliklər var ki, onları nəşirlə belə eynən vermək mümkün deyildir”. Bu çətinliyin əsil səbəbini Abbas Səhhət Kırilovun təmsillərinin milli koloritə malik olması ilə izzah edirdi. Sabirin tərcümə etdiyi “Qarğa və Tülkü” təmsili oxucular tərəfindən maraqla qarşılanırdı. Böyük satira ustası rus müəllifin təmsilindəki əsas qayəni gözəl anlamış, əhvalatı axıcı bir şəkildə ifadə etmişdir. “Qarğa və Tülkü” təmsilini A.Şaiq də tərcümə etmişdir. Lakin M.Ə.Sabirin tərcüməsi daha rəvan, daha ürəyəyatan olmuşdur.

*...Bəzədin sən bu gün bizim çəmənini,
Şad qıldın bu gəlməyinlə məni.
Nə gözləsən, nə xoşliqəsən sən,
Yeri var söyləsəm — hümasən sən.
Tüklərindir ipək kimi parlaq,
Bədnəzərdən vücudun olsun iraq!
Bu yəqindir ki, var sevimli səsin,
Oxu, versin mənə şafə nəfəsin!”...*

Görkəmli yazıçı, dramaturq, publisist Cəlil Məmmədquluzadə də Kırilovun təmsillərinin dərin ictimai mənasını qiymətləndirərək “Molla Nəsrəddin” jurnalının səhifələrində müəllifin tərcümə əsərlərinə yer vermişdir. İki əsrdir ki, Kırilovun təmsilləri öz aktuallığını qoruyub saxlayır. İnsan cəmiyyətində xoşagəlməz hallar baş verdikcə görkəmli şairin aforizmə çevrilən misraları da xatırlanır. İvan Kırilov, təmsil janrına 30 il müraciət edərək bir-birindən maraqlı tənqidi təmsillər yazdı. Kırilov bu sahədə böyük bir istedad kimi tanındı. Eyni zamanda təmsilin klassik nümunələrini yaradaraq yüksək şeiriyət, hamının asanlıqla qavraya biləcəyi məna aydınlığı, kəskin satira, incə eyhamla böyük oxucu kütləsi qazandı. Təmsillərlə zəngin olan ilk kitabını Kırilov 1809-cu ildə nəşr etdirir, sonra tələsmədən, rus ədəbiyyatının bu incilərini bir-birinin ardınca cəmləşdirərək, həyatının sonunadək ümumilikdə 197 təmsildən ibarət daha səkkiz kitab nəşr etdirir. Hətta Kırilov özü də şübhə etmirdi ki, onun ilk təmsil kitabı elə bir qapı olacaq ki, onun arxasında olan yüzillərin ölümsüzlük yolu başlanacaqdır.

Şairin biri-birindən maraqlı, oxunaqlı, dərin fəlsəfi və mənəvi məzmunlu yeni-yeni təmsilləri çap olunur və “Kırilov baba” adı ilə, ölkənin hər yerində tanınırdı. Dahilər doğru deyiblər ki, elmsiz və dərin tədqiqata əsaslanmayan bir ədəbiyyatın böyük ədəbiyyat olacağına inanmaq olmaz. Şair və yazıçı üçün gəzmək, dolanmaq, duymaq, anlamaq, oxumaq və öyrənmək böyük şərtdir. Yeni tələblərə cavab vermək və müasir mövzulardan yazmaq üçün yalnız istedad kifayət etmir. Bədii yaradıcılıq elə bir zəhmət və mübarizə, elə bir təfəkkür tərzidir ki, orada insan öz qüvvəsini, fikir və hisslərini gərginləşdirir, daim axtarır, öyrənir, tədqiq edir və yaradır. Yaradıcılıq zəhməti olmadan sənət yaranmaz, çünki sənət daim zəhmət, arasıkəsilməz axtarış deməkdir. Bütün dövrlərin və bütün yaradıcılıq təcrübəsi göstərir ki, zəkanın, təfəkkürün dərinindən iştirakı olmadan, böyük əmək sərf edilmədən sənət əsərləri yaranmamış və yarana da bilməz. Bu fikirlər böyük və zəhmətkeş Kırilova da aid idi. M.Qorkinin fikrincə: “Elə bir ölkə yoxdur ki, o, böyük söz ustası yetirməmiş olsun”. Rus ədəbiyyatında və ümumilikdə dünya ədəbiyyatında özünəməxsusluğu və təkrarsızlığı ilə dərin iz buraxan, qələmi ilə ədəbiyyata böyük töhfələr bəxş edən ədiblərdən biri də İvan Andreyeviç Kırilovdur.

İvan Andreyeviç Kırilovun “Tamaşaçı” jurnalında dərc olunan ən yaxşı satiralarından biri də “Qaib şah”

adlı Şərq əfsanəsidir. Bu əfsanəvi hekayədə ədib eyham və kinayə ilə çarizmin istibdadını və saray əyanlarının yaltaqlığını sərt bir şəkildə tənqid etmişdir. Qaib şahın sarayını Krilov belə təsvir edir: “Şöhrəti bütün Şərq dünyasına yayılmış, Qaib şahın otaqları məmləkətin alimlərinin və söz-sənət istedadlarının şəkillərilə bəzədilmişdir. Qaib şah alimlərin bilik səviyyələrindən istifadə edərək, istedadları öz sarayına buraxmasa da, onların şəkilləri ilə sarayın müəyyən otaqlarını bəzəyirdi. Doğrudur, Qaib şahın məmləkətində olan alim və şairlər çox kasıb idilər, amma şəkillərini çəkməyi qərar verdiyi zaman onların yoxsul geyimləri ilə yox, səliqəli geyim ilə çəkilməsini əmr edərmiş. Çünki saraya gələn qonaqların qarşısında elmə böyük qiymət verdiyini göstərməyə çalışırdı. Həqiqətən də şah Qaibin məmləkətində elə bir şair yox idi ki, o, öz şəklinə baxdıqda qibtə etməmiş olsun... Bəzi otaqlarda qızıl zəncirlə bağlanmış meymunlar atılıb düşür və adamı görəndə elə mehribanlıqla əylib təzim edirdilər ki, saray əyanları belə onları təqlid etməyə çalışırdılar. Qəfəslərdə Tutu-quşu min bir nazla oxuyurdu, lakin bu quşun avazını kimsə başa düşməzdi. Eyni zamanda Tutu-quşunun avazına kimsə söz deyə bilməzdi. Çünki bu quş Qaib şahın sevimli quşu idi. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, Qaib şah divana (vəkillər məclisinə) məsləhət etməmiş heç bir işə müstəqil qərar verməzdi. Amma Qaib şah çox sülhpərvər bir adam olduğundan mübahisəyə yol verməmək üçün həmişə öz nitqini bu sözlərlə başlardı: “Cənablar! Mən filan şeyi filan cürə etmək istəyirəm: etirazı olan sərbəstcə bəyan edə bilər, təklifini isə sonra müzakirə edərək”.

Belə gözəl müqəddimələrlə şah həmişə özü ilə məclis arasında mükəmməl bir saziş yaradırdı. Qaib şah çox ağıllı bir adam idi. Həmişə on nəfər ağılsızın arasında bir nəfər ağıllı oturdardı. O, deyirdi ki, ağıllılar şama bənzəyirlər, nə qədər az olsalar, bir o qədər işıqları zəif olar, çox olsalar, yanğın əmələ gələ bilər. Bir də deyirdi ki, nizam-intizamı mühafizə etmək üçün ağıllı adamlara olduğu qədər dəli-divanələrə də ehtiyac vardır. Bu səbəbdən də şahın məclisində dəli bol idi...

Hekayənin maraqlı yerlərindən biri, Qaib şahın xoş gəlsin deyərək qondarma rəvayətlərin və sevgi hadisələrin inandırıcı bir şəkildə təqdim olunması idi. Qaib sentimentalistlərin (ədəbiyyata yeni məfkurəvi istiqamət, forma yeniliyi və müxtəlifliyi, ailə-məişət romanları, münasibətlər də sadəlik və səmimiyyəti ifadə edən komediyalar gətirmişlər) yazdığı şeirləri və hekayələri oxuyub kənd həyatının bir cənnət, kəndlilərin isə bir mələk olduğunu təsəvvür edirdi. Ona elə gəlir ki, kənddə çobandan daha xoşbəxt bir adam yoxdur, guya çoban öz sevgilisi ilə gözəl və məsud bir həyat yaşayır. Qaibin hətta könlündən keçir ki, əgər mən şah olmasaydım, məmnuniyyətlə çoban olardım.

Bir gün Qaib şah saray həyatından bir müddət uzaqlaşmaq qərarına gəlir. Səfər hazırlıqlarına başlanması üçün əmr verir. Məqsədi saray sentimentalistlərinin yaratdığı xoşbəxt çobana rast gəlmək idi. Paytaxtdan xeyli uzaqlaşmışdı ki, Qaib şah birdən çöldə bir qoyun sürüsü görür. “Ya Məhəmməd, deyərək sevindi, mən axtardığımı tapdım!”. Yoldan kənara çıxdı və gözəl zamanənin şərbətindən içib sərməst olan o xoşbəxt insanı görmək istədi. Şah bir bulaq başına gəldi, çünki bilirdi ki, çobanlar bulaq suyunu çox xoşlayırlar. Doğrudan da bir az keçməmiş, axar suyun kənarında qapqara qaralmış, kirli, palçıqlı bir məxluq gördü. Şah bunun bir insan olduğuna şübhə etdi, lakin sonra yalın ayaqlarına, saqqalına baxıb, insan olduğuna inandı. Qaib şah ondan soruşdu: “Dostum, de görüm, bu sürünün xoşbəxt çobanı haradadır?”. Kişi əlindəki quru çörəyi çeşmənin suyunda isladıb yeyə-yeyə cavab verdi ki: “O, mənəm!”. Qaib: “Sən çobansan?-deyə təəccüb etdi. Ağılına gələn mənasız sualla qarşısındakı, yorğun və ac olan çobana belə bir sual verdi. Mənə de görüm, sən yaxşı tütək çala bilirsən?” Bəlkə də çala bilirdim. Ancaq acqarına tütək çalmaq heç ağılımdan belə keçmir deyərək çoban şahın yorğun bir cavab verdi. Deyilənə görə sənənin gözəl bir sevgilin var? Onun varlığı sənənin yoxsul həyatına bir təsəlli olur. Mən təəccüb edirəm, niyə sevgilin yanında yoxdur? O, şəhərə bir şələ odun və axırıncı toyuğumuzu aparıb ki, satsın və pal-paltar alsın, qışın şaxtasında donub ölməyəkdir. Şah isə xeyli düşünərək çobana belə dedi:-Etiraf etməliyəm ki, kənd həyatı və xoşbəxt çoban obrazı hekayələrdə şişirdilmişdir, lakin mən onların bu fantaziyasına çox inanırdım. Müdrüklər düz deyirmiş ki, rəssamlar kətan ilə necə rəftar edirlərsə, şairlər də insanlarla istədikləri kimi elə rəftar edə bilirlər. Necəki, sən çobanı xoşbəxt etdikləri kimi. Mən isə onlara çox inanmışdım.

O, çobana baxaraq, davam etdi: “Ancaq bu cür pis və yaramaz bir kətanı belə bəzəmək doğrudan da insafsızlıqdır.

Yox, indi artıq özümə söz verirəm ki, bir də mədhiyyəçi şairlərimizin sözüne inanmayacağam və sevimli müsəlmanlarımın xoşbəxtliyini onların təsvirinə görə təyin etməyəcəyəm”. Bu bədii üsul ilə Krılov öz ədəbi yaradıcılığında dövlət quruluşunu tənqid edirdi. O, ədəbiyyata mübarizə meydanı kimi baxır, dvoryan estetikasını rədd edirdi. Bu mübarizədə isə Krılov güclü düşmənlərlə üz-üzə gəlməli olurdu. Dövrün adlı-sanlı, nüfuzlu, sarayla əlaqəsi olan kübar yazıçılarla çəkişmək asan deyildi. Mülkədarlıq və təhkimçiliyi ifşa etmək o zamanın mürtəce ədəbiyyatçıları ilə onun arasındakı mübarizə olduqca kəskin olmuşdur. Krılov onları təmsil və satiraları ilə, hər zaman tənqid etmişdir.

Yaradıcılığının formalaşmasında isə qara camaatın məzəli söhbətləri, danışmaları eşitdiyi dərin mənalı xalq ifadələri, nağıllar və məsəllərin rolu böyük olmuşdur. Krılovun çoxsaylı mütaliələri, genişmiqyaslı dərin müşahidələri hesabına rus xalq dilini yaxşı bilməsi, xalq məsəllərini, atalar sözlərini yerli-yerində bacarıqla işlətməsi ədəbiyyat tarixində sələflərindən fərqli olaraq qalıcılığını təmin etmişdir. İvan Krılov, təmsillərində rəsmi mühitin və çarizmin başında oturan adamların sənətə olan münasibətini, sənət və ədəbiyyat adamlarının acınacaqlı vəziyyətini də ustalıqla qələmə almışdır. Təmsilçinin əsərlərində kəskin, acı gülüş və kəskin satira ilə birlikdə müsbət xalq görüşləri və qayələri də əks etdirilmişdir. Krılov oxucuya vətənə məhəbbət, doğruluq, əliaçıqlıq, xeyirxahlıq, xalqın xeyrinə olaraq əməyə, istedadla, ağıllı fəaliyyətə yüksək hörmət kimi xüsusiyyətləri aşılayırdı. Bu isə bizim zamanımızda belə Krılov təmsillərinin böyük tərbiyəvi əhəmiyyətini artırır. Qoqol böyük təmsilçi haqqında danışarkən demişdir: “Onun təmsilləri xalqın malıdır və xalqın hikmət kitabından ibarətdir... Onun kitabından hamı, dövlətdə isə müxtəlif rütbə tutan adamların hamısı dərs ala bilərlər”.

Krılovdan öncə rus ədəbiyyatında rus yazıçıları bu ədəbi janrda yer almağa cəhd göstərsəldə, təmsil janrına yeni ruh verə bilməmişdilər. Rus həyat tərzinə və təmsilə yeni və milli ruh verən, onu qədim təmsillərin tərcüməsi yolundan ayıraraq orijinal və ədəbi mübarizə silahına çevirən məhz Krılov olmuşdur. Özünəqədərki təmsilin dünya ədəbiyyatında keçdiyi zəngin inkişaf yolunu dərinlən öyrənən və bu təcrübədən novator sənətkar kimi istifadə edən Krılovun təmsil yaradıcılığı rus ədəbiyyatında Qriboyedov, Puşkin, Qoqol, Nekrasov kimi şair və yazıçıların realizm yolunu işıqlandırmışdır.

Nəticə Krılov XVIII əsrdə həm dramaturq, həm nasir, həm də şair kimi fəaliyyət göstərmişdir. Çoxşaxəli yaradıcılıq təcrübəsinə arxalanaraq, İvan Andreyeviç ədəbi fəaliyyətini sonrakı illərdə də yeni təmsilçi kimi davam etdirmişdir. XVIII əsrdə təmsil rus ədəbiyyatında ən maraqlı və oxunaqlı janrlardan biri idi. Buna A.Kantemirin, V.Trediakovskinin, A.Sumarokovun, M.Lomonosovun, Q.Derjavinin, A.İzmaylovun, V.Maykovun, İ.Xemnitserin, A.Mazdorfun və xüsusilə İ.Dmitriyevin yaradıcılıq yolu səbəb olmuşdu. Ancaq onlardan heç biri, hətta sayca Krılovdan daha çox təmsil yazan Sumarokov (378 təmsil yazmışdır) təmsil janrında Krılov kimi qalıcılığını qoruyub saxlaya bilməmişdir. Krılov isə təmsil janrını ən yüksək inkişaf mərhələsinə qaldıra bilmişdir. Onun maraqlı təmsilləri həm məzmun, həm də bədilik baxımdan misilsiz sənət nümunələri idi.

Bütün bunları müdrik nəzərlərlə görə-görə yaşayıb yaradan Krılov, yazıçılıq fəaliyyəti ilə öz dövrünün haqsızlıqlarına qarşı çıxmaqdan, mütləqiyyətin iç üzünü göstərməkdən qorxmamış, insan təbiətindəki ümumbəşəri nöqsanları acı gülüşün ittihamına çəkən misilsiz əsərlərin sahibi və yaradıcısı olmuşdur. İvan Krılov, elmi insanın qəlbini işıqlandıran bir günəşə bənzədirdi. Cəhalət və qaranlıq içərisində irəlliyə bilməyən adamların vəziyyətini gözsüz doğulan bir adamdan 100 dəfə artıq kor olduğunu qeyd edirdi. İliada, Odisseyə adlı əsərlərin müəllifi Antik dövrdə yaşamış İoniyalı şair Homerin kor olduğunu vurğulayaraq deyirdi, Homer hər şeyi görürdü. Lakin kainatın gözəlliklərini ondan gizlədən qaranlıq pərdə onun qarşısında yırtılmışdı. Onun idrakı isə onun qələbəsi idi.

KAYNAKLAR

1. İ.A.Kırılov. Təmsillər-Bakı, Şərq-Qərb, 2006. Səh.144. Dünya Ədəbiyyatı Antologiyası.
2. İ.A.Kırılov. Yapalaq və ulaq; Qarğa və tülkü təmsillər, Rus şeiri antologiyası, Bakı, Şərq-Qərb, 2011. Səh.456
3. İ.A.Kırılov. Sazandalar. Rus ədəbiyyatı antologiyası. 2 cildə. Bakı, Avrasiya Press, 2007. c.1. Səh.26-30.
4. İ.A.Kırılov. Təmsillər. “Şərq-Qərb”, Bakı, 2006, səh.141

İBTİDAİ SİNİF ŞAĞIRDLƏRİNİN NİTQİNDƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN LEKSİK-SEMANTİK NÖQSANLARIN SƏBƏBLƏRİ, TƏZAHÜR FORMALARI VƏ ARADAN QALDIRILMASI YOLLARI

Qasımova Maya Rəhim qızı

Pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, *Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Azərbaycan*
maya0866@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9116-4331>

Müasir təhsil sistemində şagirdlərin nitq inkişafı prioritet istiqamətlərdən biri hesab edilir. Nitq insanın düşüncə fəaliyyətinin ifadə vasitəsi olmaqla yanaşı, onun sosiallaşmasının, ünsiyyət qurmasının və idrak fəaliyyətinin əsas göstəricilərindən biridir. İbtidai məktəb dövrü nitq bacarıqlarının formalaşdığı və intensiv inkişaf etdiyi mühüm mərhələdir. Bu dövrdə uşaqların nitqində müxtəlif xarakterli nöqsanlar müşahidə edilir ki, bunların arasında leksik-semantik nöqsanlar xüsusi yer tutur. Belə nöqsanlar sözlərin mənasının düzgün başa düşülməməsi, sözlərin yerində işlədilməməsi, mənə əlaqələrinin pozulması və lüğət ehtiyatının məhdudluğu ilə xarakterizə olunur.

Şagirdlərinin nitqində rast gəlinən leksik-semantik nöqsanların mahiyyətini müəyyənləşdirmək, onların yaranma səbəblərini təhlil etmək və aradan qaldırılması yollarını göstərmək tədqiqi zəruri olan aktual problemlərdəndir.

Leksik-semantik nöqsanlar sözlərin mənasının düzgün dərk edilməməsi səbəbindən nitqdə məqsədəuyğun istifadə olunmaması nəticəsində meydana çıxır. Bu nöqsanlar uşağın fikrini tam və dəqiq ifadə etməsinə mane olur. İbtidai sinif şagirdlərinin nitqində daha çox aşağıdakı leksik-semantik nöqsanlara rast gəlinir:

- Sözlərin mənaca qarışdırılması və bu səbəbdən kontekstə uyğun olmayan mənada işlədilməsi. Məsələn, şagird sözün mənasını genişləndirərək bütün giləmeyvələrə (moruq, qarağat, böyürtkən və s.) *çiyələk* deyir. Yaxud “qəhrəman” sözünü yalnız döyüşdə igidlik göstərən insan kimi qəbul edir, amma nağıl, hekayə personajı kimi mənasını dərk etmir və nitqində səhv işlədir.
- Sinonim və antonimlərin düzgün seçilməməsi, omonimlərin mənalarının başa düşülməməsi. Sinonim sözlər mənaca yaxın olsa da, fərqli üslubi çalarlara malikdir və onların məqamına görə dəqiq yerində işlədilməməsi fikrin yanlış ifadəsinə yol açır. Məsələn, *dilək arzu* sözünün sinonimi kimi işlənə bilər. Lakin *sağlıq diləmək, mərhəmət diləmək* işləndiyi halda *mərhəmət arzulamaq* ifadəsini işlətmək olmur.
- Çoxmənalı sözlərin yanlış başa düşülməsi. Məsələn, şagirdlər *külək yatdı* ifadəsini küləyin kəsməsi, sakitləşməsi mənasında qavramaqda çətinlik çəkirlər.
- Səslənməsinə görə yaxın sözlərin – paronimlərin qarışdırılması.
- Məcəzi mənaların dərk edilməsində çətinliklər. Məsələn, şagirdlər çox vaxt frazeoloji birləşmələri hərfi mənada anlayırlar.
- Ədəbi dil normalarını pozaraq dialekt və məhəlli sözlərin, jarqonların (*krutoy, like elədi, qaza basdı*), yersiz alınmaların (*salyut, kuxna, şofer* və s.) nitqdə istifadəsi.
- Eyni sözlərin həddindən artıq təkrarı – tautoloji nöqsanlar, pleonazma (artıqlıq). Bəzən şagirdlər eyni mənanı ifadə edən sözləri lüzumsuz yerə cümlədə ardıcıl olaraq təkrar edirlər. Məsələn, *birlikdə həmrəy olmaq*. Və yaxud *Bugünkü gün məktəbimizdə iclas oldu* və s.

Bəs bu qüsurların səbəbi nədir? Şagirdlərin nitqində müşahidə edilən leksik-semantik qüsurların səbəblərindən biri məktəbə qədəm qoyan şagirdlərin dünyagörüşünün darlığı və paralel olaraq lüğət ehtiyatının məhdudluğudur. İbtidai sinif şagirdlərinin bir çoxunda söz ehtiyatının kifayət qədər inkişaf etməməsi onların yeni

anlayışları mənimsəməsini çətinləşdirir. Şagird tanımadığı sözlərin mənasını kontekstdən çıxarmaqda çətinlik çəkir və həmin sözləri yerli-yersiz nitqində istifadə edir.

Digər səbəb oxu fəaliyyətinin zəif təşkilidir. Mütaliə uşağın lüğət ehtiyatını zənginləşdirən əsas vasitələrdən biridir. Bədii ədəbiyyatın az oxunması nitqin inkişafını ləngidir və leksik-semantik səhvlərin artmasına səbəb olur.

Sözsüz ki, səbəblərdən biri kimi, ailə mühitinin təsiri qeyd edilməlidir. Ailədə zəngin nitq mühitinin olmaması, uşaqlarla məhdud ünsiyyət və nitq nümunələrinin kasadlığı söz ehtiyatının inkişafına mənfi təsir göstərir.

Burada rəqəmsal texnologiyaların təsirinə də toxunmaq vacibdir. Belə ki, son illərdə uşaqların sosial şəbəkələrə və qısa videoməzmunlara həddindən artıq maraq göstərməsi onların nitqində sadələşməyə, bəsitləşməyə səbəb olur. Bu zaman söz ehtiyatı məhdudlaşır və ifadə imkanları zəifləyir.

Təlim prosesində kommunikativ fəaliyyətin məhdudluğu da şagird nitqində leksik-semantik qüsurlara yol açır. Əgər dərslərdə şagirdlərin sərbəst danışığına, fikir mübadiləsinə və müzakirələrə kifayət qədər yer verilmirsə, nitq bacarıqlarının inkişafı zəifləyir.

Leksik-semantik nöqsanların aradan qaldırılması üçün lüğət işinin sistemli təşkili vacibdir. Hər dərstdə yeni sözlərin izahı, onların müxtəlif semantik çalarlarda və fərqli cümlələrdə, kontekst daxilində işlədilməsi və aktiv lüğətə daxil edilməsi təmin edilməlidir. Yeni sözlər üzrə iş yalnız lüğəvi mənanın izahı ilə məhdudlaşmamalı, müxtəlif situasiyalarda istifadəsi də təşkil edilməlidir.

Bədii əsərlərdən istifadəyə geniş yer verilməlidir. Nağıl, hekayə və şeirlərin mütaliəsi şagirdlərin söz ehtiyatını zənginləşdirir və sözlərin müxtəlif mənə çalarlarını mənimsəmələrinə kömək edir. Folklor nümunələrindən istifadə – atalar sözləri, tapmacalar və məsəllər sözlərin məcazi mənalarının mənimsənilməsində mühüm rol oynayır.

İnteraktiv təlim metodları – rollu oyunlar, debatlar, qrup işləri şagirdlərin aktiv nitq fəaliyyətinə cəlb olunmasına şərait yaradır.

Qeyd edilənlərlə yanaşı, nitq inkişafetdirici çalışmalardan geniş istifadə edilməli, sinonim və antonim cütlükləri ilə oyunlar, söz birləşmələrinin qurulması, oxunmuş mətn üzrə yaradıcı tapşırıqların icrası, frazeoloji ifadələrin analizi, leksik-semantik səhvləri olan mətnin redaktə edilməsi, assosiasiya xəritələrinin hazırlanması üzrə də iş aparılmalıdır. Assosiasiya xəritələri şagirdlərin aktiv lüğət ehtiyatını artırmaq, sözlərin semantik əlaqələrini vizuallaşdırmaq və leksik nöqsanları aradan qaldırmaq üçün effektiv üsullardan biridir. Məsələn, buna mərkəzə yazılmış söz əsasında şaxələndirməni nümunə göstərə bilərik. Yazı taxtasında mərkəzə “Üz” sözü yazılır. Ətrafına müxtəlif meyarlar üzrə şaxələr atılır. Məsələn, Şaxə 1 – Həqiqi mənə (*üzünü yumaq, gözəl üz*); Şaxə 2 – Məcəzi mənə (*suyun üzü, kitabın üzü, yastığın üzü*); Şaxə 3 – Omonimlik (*suda üzmək, dərisini üzmək*); Şaxə 4 – Obrazlılıq (*qışın sərt üzü, zamanın üzü qara olsun*) və s. Yazı taxtasında beyin həmləsi yolu ilə hazırlanmış xəritə tamamlandıqdan sonra şagirdlərə fərqli şaxələrdən sözlər (söz birləşmələri) seçərək cümlədə işlətmək, kiçik bir mətn qurmaq tapşırılmalıdır ki, görülməli iş praktik nitq fəaliyyətində tətbiqini tapsın.

Bu istiqamətdə aparılan məqsədyönlü işlər şagirdlərin nitq mədəniyyətinin formalaşmasına və dil bacarıqlarının inkişafına əhəmiyyətli töhfə verəcəkdir.

Açar sözlər: ibtidai sinif şagirdləri, leksik-semantik qüsurlar, lüğət üzrə iş, nitq inkişafetdirici çalışmalar.

REASONS, MANIFESTATIONS AND METHODS OF ELIMINATING LEXICAL-SEMANTIC DEFICIENCIES IN THE SPEECH OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

In the modern education system, the development of students' speech is considered one of the priority areas. Speech is not only a means of expressing a person's thinking, but also one of the main indicators of his socialization, communication and cognitive activity. The primary school period is an important stage in which speech skills are formed and intensively developed. During this period, various defects are observed in children's speech, among which lexical-semantic defects occupy a special place. Such defects are characterized by incorrect understanding of the meaning of words, incorrect use of words, violation of semantic relationships and limited vocabulary.

Determining the essence of lexical-semantic defects encountered in the speech of students, analyzing the causes of their occurrence and showing ways to eliminate them are urgent problems that require research.

Lexical-semantic defects arise as a result of incorrect understanding of the meaning of words and their inappropriate use in speech. These shortcomings prevent the child from expressing his thoughts fully and accurately. The following lexical-semantic shortcomings are most often found in the speech of primary school students:

- Confusing the meaning of words and therefore using them in a sense that does not correspond to the context.
- Incorrect selection of synonyms and antonyms, misunderstanding of the meanings of homonyms. Although synonymous words are close in meaning, they have different stylistic nuances, and their use in the wrong place according to their context leads to incorrect expression of the idea.
- Misunderstanding of ambiguous words.
- Confusing words that are close in sound – paronyms.
- Difficulties in understanding figurative meanings. For example, students often understand phraseological units in a literal sense.
- The use of dialect and local words, slang, and inappropriate borrowings in speech, violating the norms of the literary language.
- Excessive repetition of the same words – tautological errors, pleonasm (redundancy). Sometimes students unnecessarily repeat words that express the same meaning in a sentence.

What is the reason for these defects? One of the reasons for the lexical-semantic defects observed in students' speech is the narrow worldview of students entering school and, at the same time, the limited vocabulary. The insufficient development of vocabulary in many primary school students makes it difficult for them to master new concepts. The student has difficulty in deducing the meaning of unfamiliar words from the context and uses these words in his speech inappropriately.

Another reason is the poor organization of reading activity. Reading is one of the main means of enriching a child's vocabulary. Reading less fiction slows down the development of speech and leads to an increase in lexical-semantic errors.

Of course, the influence of the family environment should be noted as one of the reasons. The lack of a rich speech environment in the family, limited communication with children and the scarcity of speech examples have a negative impact on the development of vocabulary.

Here it is also important to touch on the influence of digital technologies. Thus, in recent years, children's excessive interest in social networks and short video content has led to their speech becoming simpler and simpler. At the same time, vocabulary is limited and expression opportunities are weakened.

The limitation of communicative activity in the learning process also leads to lexical-semantic defects in student speech. If students do not have enough space in lessons for free speech, exchange of ideas and discussions, the development of speech skills is weakened.

Systematic organization of vocabulary work is important to eliminate lexical-semantic defects. In each lesson, the explanation of new words, their use in different semantic shades and in different sentences, within the context and their inclusion in the active dictionary should be ensured. Work on new words should not be limited only to the explanation of the lexical meaning, but their use in various situations should also be organized.

The use of works of art should be given wide space. Reading fairy tales, stories and poems enriches the vocabulary of students and helps them to master the various shades of meaning of words. The use of folklore examples - proverbs, riddles and parables plays an important role in mastering the figurative meanings of words.

Interactive teaching methods - role-playing games, debates, group work create conditions for involving students in active speech activity.

Along with the above, speech development activities should be widely used, games with synonym and antonym pairs, building word combinations, performing creative tasks on the read text, analyzing phraseological expressions, editing the text with lexical and semantic errors, and preparing association maps should also be carried out.

Keywords: elementary school students, lexical-semantic defects, vocabulary work, speech development activities.

SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİLDƏ TƏTBİQİ İSTİQAMƏTLƏRİ

Azərbaycan-Bakı, Könül Məmmədova

Orcid id: 0000-0001-8664-4912, könül.1970@mail.ru

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Filologiya fakültəsi, Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası

AÇAR SÖZLƏR: süni intellekt, təhsil texnologiyaları, rəqəmsal təhsil, innovasiya

Müasir dövrdə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları müxtəlif sahələrdə olduğu kimi, təhsil sistemində də mühüm dəyişikliklərə səbəb olur. Süni intellekt tədris prosesinin fərdiləşdirilməsi, müəllimlərin fəaliyyətinin dəstəklənməsi, təhsil resurslarının hazırlanması və öyrənmə imkanlarının genişləndirilməsi baxımından böyük potensiala malikdir. Bu məqalədə süni intellektin təhsildə tətbiq sahələri, üstünlükləri və qarşıya çıxan problemlər araşdırılır.

XXI əsrdə texnologiyanın sürətli inkişafı təhsil sahəsində yeni imkanlar yaratmışdır. Bu imkanlardan biri də süni intellekt texnologiyalarının tədris prosesinə tətbiqidir. Süni intellekt insan düşüncəsinə bənzər şəkildə məlumatları təhlil edən, öyrənən və qərar qəbul etməyə kömək edən texnologiyalar toplusudur. Təhsildə süni intellektdən istifadə ənənəvi təlim üsullarını zənginləşdirərək daha çevik və effektiv öyrənmə mühiti formalaşdırır.

Süni intellekt təhsildə müxtəlif istiqamətlərdə istifadə olunur. Əsas tətbiq sahələrindən biri fərdiləşdirilmiş təlimdir. Süni intellekt sistemləri şagirdlərin bilik səviyyəsini, öyrənmə sürətini və ehtiyaclarını analiz edərək onlara uyğun tapşırıqlar və materiallar təqdim edə bilir. Digər mühüm istiqamət avtomatlaşdırılmış qiymətləndirmə sistemləridir. Bu sistemlər müəllimlərin vaxtına qənaət edir, şagirdlərin nəticələrini daha sürətli təhlil etməyə və onların inkişaf istiqamətlərini müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Süni intellekt müəllim fəaliyyətini də dəstəkləyir. Dərs planlarının hazırlanması, tədris materiallarının yaradılması, məlumatların sistemləşdirilməsi və müxtəlif təlim resurslarının seçilməsi prosesində müəllimlərə kömək edə bilər.

Süni intellektin üstünlükləri

Süni intellektin təhsildə tətbiqinin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

- Şagirdlər üçün fərdi öyrənmə imkanlarının yaradılması;
- Təlim prosesinin daha interaktiv və maraqlı təşkili;
- Müəllimlərin inzibati iş yükünün azaldılması;
- Təhsil resurslarına çıxış imkanlarının genişlənməsi;
- Şagirdlərin analitik və yaradıcı düşünmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi.

Bu texnologiyalar xüsusilə müxtəlif öyrənmə ehtiyacları olan şagirdlər üçün əlavə imkanlar yarada bilər.

Süni intellektdən istifadənin problemləri

Süni intellektin təhsildə tətbiqi ilə yanaşı, müəyyən problemlər də mövcuddur. Məlumat təhlükəsizliyi, şəxsi məlumatların qorunması, texnologiyadan düzgün istifadə bacarıqlarının formalaşdırılması və müəllimlərin yeni texnologiyalara uyğun hazırlanması mühüm məsələlərdəndir.

Bundan əlavə, süni intellekt müəllimi tam əvəz edən vasitə kimi deyil, müəllimin fəaliyyətini gücləndirən köməkçi texnologiya kimi qiymətləndirilməlidir. Təhsildə əsas məqsəd insan amilini qorumaqla texnologiyanın imkanlarından səmərəli istifadə etməkdir.

Süni intellekt müasir təhsilin inkişafında mühüm innovativ vasitələrdən biridir. Onun düzgün tətbiqi təlim prosesinin keyfiyyətini yüksəldə, müəllim və şagird fəaliyyətini daha səmərəli edə bilər. Gələcəkdə süni intellekt texnologiyalarının təhsildə rolu daha da artacaq və yeni öyrənmə modellərinin formalaşmasına şərait yaradacaqdır.

NEW ISSUES IN LANGUAGE METHODOLOGY IN ENGLISH LANGUAGE TEACHING

Azerbaijan-Baku, Gunel Shefiyeva

Orcid id: 0000-0001-5105-2749

agakishiyeva.g@mail.ru

Azerbaijan State Pedagogical University, Faculty of Philology, Foreign Languages Center

Key Words: English language teaching, language methodology, artificial intelligence, digital learning, learner autonomy.

English is widely recognized as the international language of communication, education, science, and business. As a result, English language teaching has become one of the most important areas of modern education. In recent years, rapid technological progress and changing educational needs have influenced teaching methodologies. Teachers are no longer expected to focus only on grammar and vocabulary but also to develop learners' communication skills, digital literacy, and intercultural competence.

Modern classrooms are increasingly supported by online platforms, educational applications, and AI-based tools that provide new opportunities for learning. At the same time, these innovations require teachers to adopt new teaching strategies and continuously improve their professional skills.

Artificial Intelligence in Language Learning

Artificial intelligence has become an important part of language education. AI-powered applications can generate personalized learning activities, evaluate writing, improve pronunciation, and provide immediate feedback. These tools help learners practice English independently and receive support outside the classroom.

Despite these advantages, AI also creates new challenges. Students may become too dependent on technology or misuse AI for completing assignments without developing their own language skills. Therefore, teachers should encourage the responsible use of AI while maintaining meaningful classroom interaction and critical thinking.

Digital Learning and Online Education

Digital technology has significantly changed language teaching. Learning management systems, mobile applications, online dictionaries, podcasts, and virtual classrooms provide learners with flexible access to educational materials. Blended learning, which combines traditional classroom instruction with online learning, has become increasingly popular.

However, successful digital learning depends on students' access to reliable technology and internet connections. Teachers must also ensure that online activities remain interactive and engaging rather than passive.

Learner Autonomy

Modern language methodology emphasizes learner autonomy and independent learning. Students are encouraged to set personal learning goals, monitor their progress, and select appropriate learning strategies. Digital resources allow learners to continue practicing English beyond the classroom through online courses, videos, and language-learning applications.

In this approach, teachers act as facilitators who guide students, provide feedback, and create opportunities for meaningful communication rather than simply delivering information.

Multilingual and Multicultural Classrooms

Globalization has created increasingly diverse classrooms where students have different linguistic and cultural backgrounds. Modern teaching methodology promotes inclusive education and intercultural communication. Teachers should encourage respect for different cultures and use teaching materials that reflect global diversity.

Recognizing students' first languages as learning resources can also improve language acquisition and help learners build confidence in using English.

Modern Assessment Practices

Assessment methods have evolved from traditional written examinations to more continuous and learner-centred evaluation. Project work, presentations, portfolios, peer assessment, and self-assessment help teachers evaluate students' practical language skills.

Digital assessment tools provide immediate feedback and support personalized learning. However, teachers should combine technological tools with professional judgment to ensure fairness, reliability, and accurate evaluation of students' progress.

The methodology of English language teaching continues to evolve in response to technological innovation and changing educational needs. Artificial intelligence, digital learning, learner autonomy, multicultural education, and modern assessment have become central components of contemporary language teaching. Although these developments present certain challenges, they also create valuable opportunities for improving learning outcomes and increasing student engagement.

Future language teaching should maintain a balance between technological innovation and human interaction. Teachers will continue to play a key role in developing learners' communicative competence, critical thinking, and intercultural awareness while using new technologies to support effective and meaningful language learning.

MİKAYIL AZAFLININ POEZİYASINDA İDEONİMLƏRİN SEMANTİK-FUNKSIONAL XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Rəhilə Hümətova

f.ü.f.d., dosent, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti Filologiya fakültəsi Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası bölümü, rahilahummetova@gmail.com tel.: 050 510 01 91
ORCID 0000-0003-2521-6361, Katılım şekli: online, Filoloji bölüm

Özet

Aşıq Mikayıl Azaflının yaradıcılığı üzərində aparılmış linqvistik araşdırmalardan məlum olur ki, onun hər bir misrasında böyük tarixi keçmişimiz, dilimizin mənşəyi, yüzlərlə onomastik vahidlər yaşamaqdadır. Aşığın poeziyasında ən çox müşahidə edilən antroponimlər, toponimlər, oronimlər və hidronimlərdir. Bu onomastik vahidlərlə müqayisədə azlıq təşkil etsə də, aşığın yaradıcılığında zoonim, kosmonim və ktematonimlər də müşahidə edilən faktlardandır. Aşıq Mikayıl Azaflının məna və məzmun, forma və janr baxımından misilsiz söz xəzinəsindəki onomastik lay yaratdığı üslubi məqamlarla onları daha da tərəvətləndirir, forma və məzmun gözəlliyinin ahəngdar harmoniyasını tamamlayır. Həmçinin Aşığın çox geniş dünyagörüşə, intəhasız intellektə sahib olduğunu, həm dini, həm dünyəvi elmləri, həm klassik, həm şifahi xalq ədəbiyyatını, tarixi, coğrafiyanı və s. dərinlən bildiyini qabarıq şəkildə göstərir.

Onu qeyd edək ki, Azərbaycan dilinin leksik sistemində maddi-mənəvi abidələrin, elm və mədəniyyətlə bağlı əsərlərin, fəxri adların, inzibati idarə, təşkilat adlarını bildirən külli sayda onomastik vahidlər işlənməkdədir. Belə onomastik vahidlər ktematonimlər adlanır. Aşıq Mikayıl Azaflının yaradıcılığında ktematonimlərin ən çox işlədilən növü ideonimlərdir. Aşığın “Səlim şah” dastan-poemasında müxtəlif saz havalarının və onların yaratdığı ovqatın şahidi oluruq. Aşıq hər bir saz havasını obrazın hiss-həyəcanı, əhvali-ruhiyyəsinə kökləyir: “*Kərəm gəraylısı*” üstə söylədi, *Yalvara-yalvara səbr eylə dedi...* “*Şirvan şikəstəsi*” havası ilə, *Şah belə söylədi, o, gəldi dilə...* *Nə qədər çağırdı, fəryad eylədi, “Qaytağı” üstündə belə söylədi...* “*İbrahimi*” üstə görək, *Şah nə demiş, biz də arz edək...* “*Misri*” havasından görək *Tərəfindən belə deyək...* “*Yanıq Kərəmi*” ynən görək, *O, nə demiş, biz də arz edək...* “*Hüseyni*” havası üstündə görək, *Necə söyləmişlər, biz də arz edək...* “*Ruhani*” üstündə nə demiş görək... “*Baş sarıtel*” üstə belə inlədi...

Aşığın poeziyasında xalqımızın mənəvi sərvəti olan əsərlərin adlarına da rast gəlmək mümkündür. Müəllif həmin ideonimlərdən müxtəlif bədii məqsədlər üçün istifadə etmişdir. Azaflı “Avesta”nın, “Xəmsə”nin mənəvi dəyərindən, bədii-fəlsəfi, əxlaqi-didaktik məzmunundan danışmaqla həm özünün dərin biliyə sahib olduğunu, həm də Zərdüştün, Nizaminin, özünün vətəninin füsunkar Azərbaycan torpağı olduğunu fəxrlə bildirir: “*Avesta*”, “*Xəmsə*” si hikmət çırağı, *Zərdüştün vətəni min cənnət bağı, Füsunkar bəhrəli hər bir oylağı, Azərbaycandanam, Azər oğluyam.*

Başqa bir misrasında N.Gəncəvinin “Xeyir və Şər” əsərini təşbeh kimi istifadə edərək “utanmaz” insanları Şərə bənzədir: *Nizami yazdığı “Xeyir-Şər” kimi Aldadar, gözünü oyar utanmaz.* Bunlardan əlavə, Azaflının böyük məhəbbətlə sevdiyi S.Vurğunun, O.Sarıvəllinin, R.Həmzətovun əsərlərinin adları da aşığın misralarında əbədi yaşamaq hüququ qazanıb. Məqalədə ölməz söz ustasının poeziyasında lirik qəhrəmanın daxili dünyasının, əsərin ideya-bədii yükünün işıqlandırılmasında xüsusi çəkiyə malik olan ideonimlər tədqiq edilmişdir.

Açar sözlər: Aşıq Mikayıl Azaflı, poeziya, onomastik vahidlər, ideonimlər

SEMANTIC-FUNCTIONAL FEATURES OF IDEONYMS IN MIKAYIL AZAFLI'S POETRY**Rahila Hummetova**

**PhD, Associate Professor, Azerbaijan State Pedagogical University, Faculty of Philology, Department of Azerbaijani Language and Its Teaching Technology, rahilahummetova@gmail.com tel.: 050 510 01 91
ORCID 0000-0003-2521-6361, Participation method: online, Philology department**

Abstract

Linguistic research conducted on the work of Ashiq Mikayil Azaflı shows that our great historical past, the origin of our language, and hundreds of onomastic units live in each of his verses. The most frequently observed in the poet's poetry are anthroponyms, toponyms, oronyms, and hydronyms. Although they are a minority compared to these onomastic units, zoonyms, cosmonyms, and ktematonyms are also observed in the ashıq's work. The stylistic moments created by the onomastic layer in the unique vocabulary of Ashiq Mikayil Azaflı in terms of meaning and content, form and genre further refresh them, completing the harmonious harmony of the beauty of form and content. It also clearly shows that Ashiq has a very broad worldview, boundless intellect, and a deep knowledge of both religious and secular sciences, classical and oral folk literature, history, geography, etc.

It should be noted that in the lexical system of the Azerbaijani language, a large number of onomastic units are used, denoting the names of material and spiritual monuments, works related to science and culture, honorary titles, administrative departments and organizations. Such onomastic units are called ktematonyms. The most commonly used type of cetema-tonyms in Ashiq Mikayil Azaflı's work are ideonyms. In Ashiq's epic poem "Selim Shah", we witness various musical melodies and the mood they create. The lover tunes each saz tune to the emotion, the mood of the character: He said on "Karem geraylisi", He said begging and begging, be patient... With the tune of "Shirvan shikastesi", Shah said so, he came to ask... How much he called, cried, He said so on "Gaitagi"... Let's see on "İbrahim", What did Shah say, let's also offer... Let's see on "Misri" tune, Let's say so on his part... Let's see on "Yanıg Keram", What did he say, let's also offer... Let's see on "Huseyn", How did they say, let's also offer.. Let's see on "Ruhani" what did he say... So on "Bas saritel" moaned... In the poetry of the poet, it is also possible to find the names of works that are the spiritual wealth of our people. The author used these ideonyms for various artistic purposes. Speaking about the spiritual value, artistic-philosophical, moral-didactic content of "Avesta" and "Khamsa", Azaflı proudly declares that he has deep knowledge, and that his homeland is the charming land of Zarathustra, Nizami, and his homeland is the charming land of Azerbaijan: "Avesta", "Khamsa" are the lamp of wisdom, Zarathustra's homeland is a thousand gardens of paradise, Every fertile hillock is charming, I am from Azerbaijan, I am Azer's son.

In another verse, using N. Ganjavi's "Good and Evil" as a metaphor, he compares "shameless" people to Evil: Like Nizami's "Good and Evil", he deceives, he does not open his eyes. In addition, the names of the works of S. Vurgun, O. Sarıvelli, and R. Hamzatov, whom Azaflı loved with great love, also earned the right to live forever in the verses of the ashug. The article studies the ideonyms that have a special significance in illuminating the inner world of the lyrical hero and the ideological and artistic load of the work in the poetry of the immortal master of words.

Keywords: Ashug Mikayil Azaflı, poetry, onomastic units, ideonyms

MÖVLANA CƏLALƏDDİN RUMİNİN HƏYATI VƏ YARADICILIĞI**Prof. Dr. Elman Quliyev****Azərbaycan, Bakı, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Türkoloji mərkəzin Türk ədəbiyyatı bölməsinin müdürü, Orcid: 0000-0001-5413-9479, elman.guliyev1958@gmail.com****Özet**

Mövlana Cəlaləddin Rumi XIII əsr türk təsəvvüf ədəbiyyatının ən böyük şairidir. Əsərlərini fars dilində yazmış dahi söz ustasının yaradıcılığında türkdilli nümunələr say etibarilə cüzi yer tutur. Lakin Cəlaləddin Rumi yaradıcılığında anadilli şeirlər az olsa da, o, yaşadığı bölgədə XIII əsrin ilk türkdilli şairi kimi tanınmışdır. Rumi sənətində bu halın olması Anadoluda fars dilinin sənət dili kimi hakim mövqe tutmasından irəli gəlir. Mövlana Cəlaləddin Rumi lirikası bütünlükdə insanı Allah eşqinə, Allaha qovuşmağa qanadlandıran irfani düşüncə mənbəyidir. O, Allaha qovuşmağın yeganə yolu kimi hiss və məhəbbəti ön plana çəkir. Onun sənəti daim eşq dalğalarından təlatümə gələrək insanı ağışuna alan göz yaşı kimi dumduru və tərtəmiz dəryaya bənzəyir. Bu sənətin mərkəzinə də vəhdəti-vücut, İslam panteizm fəlsəfəsi dayanır.

Anahtar kelimeler: C.Rumi, şeir, təsəvvüf, Allah**THE LIFE AND CREATIVITY OF MEVLANA JALALADDIN RUMI****Abstract**

Mevlana Jalaladdin Rumi is the greatest poet of the 13th century Turkish Sufi literature. In the creativity of the genius wordsmith who wrote his works in Persian, examples in Turkish language occupy a small place in terms of number. However, although there are few native-language poems in the works of Jalaled Din Rumi, he was recognized as the first Turkic-language poet of the 13th century in the region where he lived. The presence of this situation in Rumi's art comes from the dominant position of the Persian language as an art language in Anatolia. The lyrics of Maulana Jalaluddin Rumi are a source of mystical thought that makes people love God and unite with God. He emphasizes feeling and love as the only way to reach God. His art is like a pure river, full of tears, which are constantly agitated by the waves of love. In the center of this art is unity-body, Islamic philosophy of pantheism.

Key words: J. Rumi, poetry, Sufism, God

GİRİŞ

Türk-müsəlman mədəniyyətinin görkəmli nümayəndəsi olan Məhəmməd Cəlaləddin Rumi 30 sentyabr

1207-ci il tarixində indiki Əfqanıstan ərazisin- də yerləşən Bəlx şəhərində anadan olmuşdur. Bəzi mənbələrdə isə Mövlananın doğum tarixi 1200, 1201 və 1203-cü il kimi göstərilir. Möv- lananın əsl adı Məhəmməddir, Cəlaləddin onun ləqəbidir. Lakin eyni zamanda salnamələrdə o, “Xudavəndigar” (hökmdar) adı ilə də yad edilir. “Bizim əfəndimiz və ağamız” mənasında iş- lənən Mövlana isə daha çox övliyalara, xalqın sevdiyi insanlara verdiyi addır. Rumi deyilişinə

gəldikdə isə, qeyd etməliyik ki, bu ad onun həyatının böyük bir dövrü- nün keçdiyi Rum diyarı (Anadolu) ilə bağlıdır. Lakin bununla yanaşı o, Cəlaləddin Bəlx və Cəlaləddin Konəvi adları ilə də tanınmışdır. O da maraqlıdır ki, Cəlaləddin Rumi “Şəms Təbrizi” təxəllüsü ilə şeirlər yazmış, nadir hallarda bunu “Xamuş” təxəllüsü ilə əvəz etmişdir.

Cəlaləddin Ruminin atası Bahəddin Vələd adı ilə tanınmış Hü- seyn Məhəmməd dövrünün ən böyük sufi alimi kimi “Sultanül-üləma” (alimlər sultanı) ləqəbini almışdır. Rəvayətə görə Məhəmməd peyğəmə- bər Bahəddin Vələdin yuxusuna girmiş, bu ləqəbi ona vermişdir. Təkcə alimlərin və elmin yox, həm də məənəviyyat sultanı olan bu şəxs islami elmlərin inkişafında böyük xidmət göstərmiş, xüsusilə “Maarif” əsə- rində mütləq varlığa, Allaha qovuşma fəlsəfəsinin orijinal nəzəri müd- dəalarından bəhs açmışdır. O dövrün böyük alimi olan Fəxrəddin Razi ilə Bahəddin Vələd arasında olan elm və məzhəb rəqabəti Mövlananın atasının Bəlxdən köç etməsinə (bəzi mənbələrdə bu fakt əsassız hesab edilir) səbəb olmuşdur. Tarixi dəqiq bilinməyən köç zamanı Bahəddin Vələd Xarəzmşahlar xanədanına mənsub olan xanımı Möminə xatun, böyük oğlu Ələddin Məhəmməd, kiçik oğlu Cəlaləddin Məhəmməd (Rumi) və ən yaxın müridləri ilə birlikdə Bəlx şəhərini tərk edir. O, əvvəlcə Bağdaddan keçərək Həcc ziyarətinə getmiş, bir neçə şəhəri dolaşıqdan sonra Larəndəyə (Türkiyənin Qaraman şəhəri) gəlmişdir. Şəhərin hakimi Əmir Musadan böyük hörmətlər görən alim 7 il bura- da yaşamışdır. Bahəddin Vələd 18 yaşlı C.Rumini Səmərqəndli Xoca Şərafəddinin qızı Gövhər xatunla evləndirir. Bu nığahdan C.Rumi- nin iki oğlu – Sultan Vələd və Ələddin dünyaya gəlir. Qeyd edək ki, Gövhər xatunun ölümündən sonra C.Rumi Konyada ikinci dəfə Kərrə xatunla evlənmiş, həmin xanımdan bir oğlu və bir qızı dünyaya gəl- mişdir. Bahəddin Vələd Səlcuq hökmdarı Ələddin Keyqubadın dəvə- tilə təxminən 1229-cu ildə ailəsi ilə birlikdə Konyaya gedir. Konyanın ən əzəmətli bir yeri olan “Sultan köşkü”ndə onun üçün mədrəsə inşa edilir. Cəlaləddin Ruminin irfani görüşlərinin formalaşmasında ata- sının böyük rolu olmuşdur. O, atasından islami elmlərin dərinlikləri- ni öyrənmiş, atasının vəfatından sonra (1231-ci il) onun müridi Seyid Bürhanəddin Tirmizi Rumini şagirdliyə götürmüşdür. Böyük alimlərin, mötəbər elmi-dini mənbələrin, xüsusilə atasının “Maarif” adlı əsərinin təsiri Cəlaləddin Rumini dövrünün irfan sahibi etmiş, sufilik məqamına yetirmişdir. Lakin Ruminin Şəms Təbrizi ilə görüşü, onunla yaxından əlaqəsi daha fərqli təsirdə olmuşdur. Bu təsir ona kitablardan kənardakı mətləbləri agah etmiş, “dünya sirlərinin yerləşdiyi məkanın qapısı”nı göstərmişdir. Hətta vəziyyət elə bir məqama yetişmişdir ki, Cəlaləddin Rumi müridlərinə dərs deməkdən imtina edərək özü Şəms Təbrizinin müridinə çevrilmişdir. “Bu iki insan arasındakı ruh anlaşması və kö- nül buluşması o dərəcəyə çatdı ki, Mövlana bütün həyatını, həyəcanını Şəmsin varlığında topladı, bu həyəcanla şeir söyləməyə başladı və bu hadisə dünya təəvvüf ədəbiyyatına Mövlana ölçüsündə böyük bir şair qazandırdı”¹. Rumi ilə Şəms Təbrizi arasında olan yaxınlıq Rumini mü- ridlərindən uzaq saldıqı üçün müridlərinin və bir qrup Konya əhlinin Şəms Təbriziyə düşmən münasibət bəsləməsinə səbəb olmuşdur. Bunu hiss edən Ş.Təbrizi Konyanı tərk edərək Şama köçmüşdür. Ş.Təbrizinin Konyanı tərk etməsi Mövlananı pərişan etmiş, onun həyatında üzüntü- yə çevrilmişdir. Mənbələrdə göstərilir ki, Mövlananın bu halından onun müridləri də peşman olmuş, şairin böyük oğlu Sultan Vələd Şəmsi geri qaytarmaq üçün Şama yola düşmüşdür. Sultan Vələdin xahişinin və

¹ N.S.Banarlı, Resimli Türk ədəbiyyatı tarixi, I cild, səh.310

Mövlananın qəm dolu məktublarının təsiri nəticəsində Ş.Təbrizi Kon- yaya qayıtmışdır. Lakin yenidən Ş.Təbrizi əleyhdarlarının meydana gəl- məsi və bunun başında Ruminin kiçik oğlu Ələddinin dayanması onu təkrar olaraq birdəfəlik Konyadan getməyə məcbur etmişdir. C.Rumi böyük irfan sahibi Ş.Təbrizini axtarıb tapmaq, onunla görüşmək ümidi ilə iki dəfə Şama getsə də, axtarışları nəticəsiz qalmış, bir daha onunla görüşə bilməmişdir. Rəvayətə görə Ş.Təbrizini C.Ruminin kiçik oğlu 7 nəfərlik bir dəstə ilə öldürərək (1247-ci il) quyuya atmış, bunu bilən Sultan Vələd gecə ilə onun meyidini quyudan çıxararaq əski Mövlana mədrəsəsi yaxınlığında dəfn etmişdir. Qeyd edək ki, Sultan Vələd bu hadisəni insanlardan gizlətməmiş, yalnız ömrünün sonunda Ş.Təbrizinin qəbrinin harada olduğu barəsində sirri açıqlamışdır. C.Ruminin Ş.Təb- rizidən ayrı düşməsi onun həyatında kədərə çevrilir və bu hal şairin yaradıcılığında qəmli misralar şəklində əksini tapır:

Ey Təbrizli Şəms, Dinim eşqdir mənim.

Sənin üzünü gördüm, görəli

Mənim dinim sənin üzündə oxunur, ey sevgili Gəl, nə olur artıq, gəl

“Gəl” deməkdən qurtar məni.

Bundan sonra C.Rumi öz həyatını ona yaxın olan iki müridi Sə- lahəddin Zerkub və Çələbi Hüsəməddin ilə bağlayır, Ş.Təbrizidə gör- düyü “ilahi halları” onlarda axtarır. Qeyd edək ki, C.Rumi ilə Çələbi Hüsəməddin arasında ruhi yaxınlıq daha güclü olmuş, ona “Məsnəvi” yazmaq ideyasını məhz Çələbi Hüsəməddin vermiş və “Məsnəvi”ni ya- zıya da o almışdır.

YÖNTEM

C.Rumi ömrünün 40 ildən çox bir dövrünü Konyada yaşamış, Şərqin ən mütəfəkkir alimləri ilə burada görüşmüş və dünyanı heyrətə gətirmiş əsərlərini burada qələmə almışdır. Mövlana Cəlaləddin Rumi 1273-cü ildə Konyada vəfat etmişdir. Vaxtilə Səlcuq hökmdarı Ələddin Keyqubadın Ruminin atası Bahəddin Vələdə bağışladığı Konya qalası- nın şərqindəki saraya məxsus “Gül bağçası”nda atasının yanında dəfn olunmuşdur.

Mövlana Cəlaləddin Rumi XIII əsr türk təsəvvüf ədəbiyyatının ən böyük şairidir. Əsərlərini fars dilində yazmış dahi söz ustasının yaradı- cılığında türkdilli nümunələr say etibarilə cüzi yer tutur. Lakin Cəlaləd- din Rumi yaradıcılığında anadilli şeirlər az olsa da, o, yaşadığı bölgədə XIII əsrin ilk türkdilli şairi kimi tanınmışdır. Rumi sənətində bu halın olması Anadoluda fars dilinin sənət dili kimi hakim mövqe tutmasından irəli gəlir. Məlumdur ki, Qaramanoğlu Məmməd bəyin “Bu gündən son- ra divan, dərğah və bargahda, məclis və meydanda türkcədən başqa dil işlədilməyəcəkdir” tələbli 15 may 1277-ci il tarixli fərmanı bu nisbəti türk dilinin xeyrinə dəyişdirmiş, nəticədə türk dilində yazmaq ənənəsi formalaşmışdır. Məsələn, Anadoluda başqa sənətkarlarla yanaşı C.Ru- minin oğlu Sultan Vələdin (1226-1312) yaradıcılığında türkdilli poezi- ya nümunələrinin yaranması bunun nəticəsi kimi qiymətləndirilməlidir. Sultan Vələd yaradıcılığına məxsus aşağıdakı parça türk dilində yaran- mış şeirin sadə və gözəlliyini bir daha təsdiqləyir:

*Sənin yüzün günəşdir, yoxsa aydır Canım aldı gözün, dəxi nə eydir Mənim iki gözüm, bilgil canımsan
Məni cansız qoyasan sən bu keydir. Gözümdən çıxma kim bu ev sənindir. Mənim gözüm sənə yaxşı saraydır.*

*Tamaşa çün bəri gəl kim görəsən Necə gözüm yaşı ırmağı çaydır Vələd yoxsuldu sənsiz bu cahanda Səni
buldu, bu gözdən bəyü baydır.*

Mövlananın müxtəlif vaxtlarda yazmış olduğu “Məsnəvi”, “Divani- Kəbir”, “Fihi-Mahif”, “Məcalisi-Səba” və “Məktubat” əsərləri nəinki türk, həm də şərq və qərb xalqları ədəbiyyatının bəzəyinə çevrilmiş, dünya ədəbi- bədii fikrinin, insanlarda yüksək dərəcəli mənəviyyatın formalaşmasında mühüm rol oynamışdır.

C.Rumi bir din alimidir. Onun əsərlərinin əsas qaynağı Quran və Həzrəti Peyğəmbər kəlamlarıdır. Bu barədə C.Rumi belə yazır:

“Bu can bu təndə olduğu müddətdə mən Quranın köləsiyəm, Mən seçilmiş Məhəmmədin ayağının tozuşam”.

C.Rumi böyük bir sufi və təsəvvüf əhlidir. Səməvilik xüsusi bir təriqət xətti kimi onun yaradıcılığında əhəmiyyətli yer tutur. Rumiyə görə, səma edən həqiqət mərtəbəsinə yetişir. Səma etmək gözəl səs eşitmək və zövq almaq deməkdir. Sufilər səmanı zikr etməyin, nurlanmağın mənbəyi kimi dəyərləndirirlər. Mövlanadan əvvəl Söhrəverdi, Qəzali və Cüneydi Bağ- dadi səmadan bəhs etmişlər. Səməvi rəqslərin Həzrəti Peyğəmbər zama- nında olduğu da iddia edilir. Hədislərdə qeyd olunur ki, Həzrəti Peyğəm- bər məclisdə rəqs edən həbəşləri görəndə onlara etiraz etməmişdir.

Mövlana Cəlaləddin Rumi lirikası bütünlükdə insanı Allah eşqinə, Allaha qovuşmağa qanadlandıran irfani düşüncə mənbəyidir. O, Allaha qovuşmağın yeganə yolu kimi hiss və məhəbbəti ön plana çəkir. Onun sənəti daim eşq dalğalarından təlatümə gələrək insanı ağışuna alan göz yaş kimi dumduru və tərtəmiz dəryaya bənzəyir. Bu sənətin mərkəzin- də vəhdəti-vücud, İslam panteizm fəlsəfəsi dayanır:

Yoxluqla qovuş, varlığı, dünyanı burax. Vüslətsə yolun axirəti üqbəyi burax.

Tanrıysa muradın, düşünüb durma dərin, Dünyanı unut, maddəyi, mənanı burax.

“Divani-Kəbir” Mövlana Rumi yaradıcılığında mühüm yer tutur. Divanda şeirlər əruzun 24 qəlib və ya ölçüsü daxilində əlifba sırası ilə yazılmışdır. Maraqlıdır ki, Divandakı qəzəl, qəsidə, rübai və digər şeir şəkilləri Şəms Təbrizi təxəllüsü ilə yazıya alınmış, ona görə də “Divani- Kəbir”i eyni zamanda “Divani-Şəms Təbrizi” kimi də adlandırırlar.

“Mövlana yer üzünə səmalardan yönəlmiş ruhların təkrar səmalara dönmək üçün girişdikləri bir könül savaşıdır” (N.S.Banarlı). Ona görə də Rumi əsərlərində (formasından asılı olmayaraq) ilahi var- lığın əzəməti poetik təqdimatda yarımqıy yox, bütöv səciyyə daşıyır.

Sevgilim təkmil cahandan gizlidir Duyğudan hər türlü zəndən gizlidir Aşikar könlümdədir bir ay kimi

Can və təndir, tən və candan gizlidir.

Gizli sirlərini söyləmədə cahanın

O yanıq ney, o yanıq ney, yanıq ney. Ney nədir? O, busəsi gözəl cananın Öpdüyü şey, öpdüyü şey, öpdüyü şey.

Mövlana Rumi yaradıcılığında əsas xətt həqiqəti bilmək və idrakı ona təslim etməkdir. Böyük türk şairi Y.İmrənin – bir mən vardı məndə məndən içəri – sözlərindən xeyli əvvəl yazılmış Mövlananın aşağıdakı fikirləri bunu bir daha təsdiqləyir:

Mən məndə deyil, səndə də həm sən, həm mən, Mən həm məniməm, həm də sən, sən də mənim. Bir öylə qərib halə bu gün gəldim ki,

Sən mənmisən, bilmirəm, mənmi sənəm

Altı cilddən, 25618 beytdən ibarət “Məsnəvi” əsəri C.Rumi sənə- tinin zirvəsi hesab edilir. Əsərin yazılma tarixi Şəms Təbrizinin ölü- mündən (1247) sonrakı dövrə düşür. Bu əsər haqq və Allah yolunu dərk etməyə, insanların içində Allah eşqi, yangısı oyatmağa və s. xidmət göstərən müqəddəs fikirlər məcmusudur. “Məsnəvi”nin I cildinə Möv- lana Cəlaləddin Rumi yazmış olduğu ön sözdə kitabın əsl mahiyyətinin nədən ibarət olduğunu açıqlayır və bu əsərin ruhi-məsnəvi, irfani cəhət- ləri haqqında belə yazır: “Bu kitab “Məsnəvi” kitabıdır.

“Məsnəvi” həqiqətə varmaq və Allah sirlərindən agah olmaq, onları dərk etmək istəyənlər üçün bir yoldur. “Məsnəvi” dinin əsaslarının əsaslarının əsas- larıdır. Allahın ən böyük və dəqiq şəriəti, həqiqətə aparan nurlu yoldur... O, açılan səhərlərdən daha böyük nura malikdir, həqiqət axtarı- şındakı könüllər üçün əsl cənnətdir. “Məsnəvi”nin bulaqları, budaqları və pöhrələri var. Bu bulaqlardan birinə “Səlsəlib” deyirlər. Məqam sahiblərinə, qəlb gözü açıq insanlara görə bu bulaq ən faydalı mənzil, ən gözəl istirahət yeridir. Xeyirxah və xoşxasiyyət kəslər orada yeyib-ıçər, deyib-gülər, fərəhlənərlər. “Məsnəvi” iman sahiblərinə şəfa, imansızlar üçün isə acı həsrətdir. Necə ki, Cənab Haqq: “Qurani-Kərim” ilə çoxları yollarından azar və çoxları doğru yolu tapar, hidayətə qovuşar” demişdir. Şübhə yoxdur ki, “Məsnəvi” təmizliyə qovuşan kəslərin könüllə- ri üçün şəfadır, hüznləri yox edər, “Quran”ı dəqiq anlamağa yardım- çı olar, xasiyyətləri gözəlləşdirər. Könülləri duru insanlardan, həqiqət aşıqlərindən başqalarının “Məsnəvi”yə toxunmalarına izin yoxdur.”

BULGULAR

“Məsnəvi”nin I cildinin ilk 18 beytini C.Rumi özü qələmə almış, qalan 25600 beyti isə onun müridi Hüsəməddin Çələbi kağıza köçür- müşdür. Heç şübhəsiz, əsərin qaynağı “Qurani-Kərim”dir. Lakin Rumi H.Sənai, F.Əttar və s. kimi Şərqin ən mütəfəkkir filosoflarının da ya- radıcılıqlarından bəhrələnmişdir. Əsər bir növ mənzum hekayələr şək- lindədir. Müəllif məqsədli olaraq hekayə daxilində hekayə verməklə məqsədinin hərtərəfli çatdırılmasını təmin edir. Əsərdə təriqət bilgiləri əsas yer tutsa da, realizmə söykənən həyat hadisələrinə də müəyyən yer verilmişdir. Ona görə də, “Məsnəvi”də peyğəmbərlər, övliyələr və di- gər müqəddəslərlə yanaşı, nücum, tibb, fəlsəfə və s. elmlər, o cümlədən konkret hadisələr haqqında məlumatlara da rast gəlinir. “Məsnəvi”nin I cildinin başlanğıcındakı “Neyin ayrılıqdan şikayəti” vəhdətdən qopmuş vücudun öz əslinə qayıtması yolunda düşüncələr sistemini əks etdirmək baxımından xarakterikdir. Bu parçada Neyin naləli səsinə ayrılıqdan şikayət motivi dayanır. Ney öz şikayətini belə izhar edir ki, qamışlıq- dan kəsildiyim o gündən bəri qəminin sərhədi yoxdur. Hər gün inləyib ağlayıram. Amma qulaq asan hər kəs məni tam anlaya bilməz. Məni ayrılıq acısı çəkənlər, həssas kəslər anlaya bilər.

Düşsə əslindən uzaq kim bir nəfəs, Hər dəm eylər vəsldən ötrü həvəs. Mən ki, hər məclisdə nalan olmuşam, Şadü-ğəmginlə firavan olmuşam.

Can deyildir cismdən ayrı nihan.

Var nəzər, əmma ki, görməz kimsə can. Ney olur atəşnəva, sanma həva,

Kimdə bu atəş ki yox, olsun fəna.

Hər nə var atəş ki neydə, eşqdir, Hər nə var qovğa ki meydə eşqdir.

Ney ki bağı yarələrlə yar olur, Pərdəsindən pərdələr izhar olur.

Göründüyü kimi, burada Ney kamil insanın simvolu kimi təqdim edilir. Yəni Ney ilk vətəni olan “qamışlıq”dan uzaq düşdüyü üçün fər- yad qoparır. Artıq o ruh aləmindən kənarlaşan, dəşik-dəşik edilməklə maddi aləmin üzvü olan, lakin öz əzəl dünyasına, Allahına qovuşmaq istəyən insanın kamil obrazına çevrilir, onun ruhi istəklərini bəyan edir. Biz Neyin səsindeki yangını eşq atəşi şəklində dərk edirik. Qəlblərdə yanan tanrı eşqindən bəhs açan hekayələrdə bu hal müxtəlif forma- larda, lakin eyni ideyaya xidmət şəklində diqqəti cəlb edir. Bunlardan biri də “Bir çobanın Haqq-Təalaya minacəti və Musa əleyhissalamın bunu eşidib əsəbiləşməsi” adlanır. Burada ilk öncə Allahı arayan, qəl- bi nurla dolu olan, öz sevgisini Tanrıya bəyan edən bəndənin – haqq yolçusunun Yaradana müraciəti verilir:

*Ey Allahım, ey Xudam, olsun qurbanın canım. Övladlar qurban sənə, ey fədan xanimanım... Əllərini
öpəram, ayağın ovxalaram,*

Yatanda yatağını silib tozun alaram.

Əgər görsəm evini, evinə gəlləm müdam, Yağ-südüni gətirəm, həmişə səhər-axşam...

Bu sözləri eşidən Musa peyğəmbər, “Allaha bu cür sözlərlə dua etməzlər” deyə çobanı küfr etməkdə ittiham edir. Musa peyğəmbərin sözləri çobanı məyus edir, səhralara üz tutmasına səbəb olur:

Yaxasını cırraraq, çoban ah-fəğan etdi, Üz qoydu biyabana, bir anda gözdən itdi.

Sonrakı hissələrdə Haqq-Təalanın Musa peyğəmbərə “çobanın söz- lərinə yox, qəlbində yanan Tanrı atəşinə bax” hökmü ilə müraciəti bir bəndənin timsalında öz əslindən qopan, lakin əslinə qayıtmaq istəyənlə- rin arzusu əks olunur. Bu istək, sanki deryadan kənara atılıb susuzluqda çapalayan balığın deryaya çatmaq həsrəti təsiri bağışlayır.

“Məsnəvi”də insan Yaradanın şah əsəri hesab edilir. Burada mələk- lərlə insanların fərqi belə təqdim edilir: “Mələkləri yaradan Allah on- lara ağıl verdi, insanlara isə həm ağıl, həm də şəhvet verdi. Kimin ağılı şəhvetindən üstündürsə, o, mələklərdən də uca olar.” Ümumiyyətlə, C. Rumidə insanın kimliyinin, onun varlığının, ruhi- mənəvi dəyərlərinin ilahi mahiyyəti bütün yaradıcılığı boyu diqqət mərkəzində saxlanılır. Oğlu Bahəddinə ünvanladığı bir hikmətdə buna bir daha şahid oluruq:

Əgər daim cənnətdə olmaq istəyirsənsə, dost ol, ürəyində heç kimə kin saxlama!

Çox şey istəmə və heç kimsədən də çox olma! Mərhəm və mum kimi ol!

İynə kimi olma!

Əgər heç kimdən sənə pislik gəlməsini istəmirsənsə, pis söyləyici,

pis öyrədici,

pis düşüncəli olma!

Çünki bir adamı dostluqla xatırlasan, hər zaman sevinc içində olarsan.

Həmin o sevinc cənnətin özüdür.

*Əgər bir kəsi düşmənçiliklə xatırlasan, hər zaman kədər içində olarsan, həmin o kədər cəhənnəmin
özüdür.*

Dostlarını xatırladığın vaxt könül bağçanda çiçəklər açar, qızılgül və reyhanlarla dolar.

Düşmənlərini xatırladığın vaxt könül bağcan tikan və ilanlarla dolar,

*canın sıxılar, içinə pəjmürdəlik gələr. Bütün peyğəmbərlər və vəlilər belə etdilər, içlərindəki xarakteri
ortaya çıxardılar.*

Xalq onların bu gözəl xüsusiyyətinə vuruldu, hamı könül xoşluğu ilə

onların ümməti və müridi oldu.

Mövlanaya görə, insan Allahın bir kitabıdır. O, başdan-ayağa mənə dənizidir. İnsan cövhərdir, hər şeyin qayəsi, məqsədi insandır. Ona görə də ağıl da, fikir də insana kölədir. C.Rumi təliminə görə insan sirr dün- yasıdır. O, gizli bir aləmin zərrəsi, həm də daşıyıcısıdır. Bütün bunlarla yanaşı, C.Rumi “Məsnəvi”də insana həm də ayrıca bir fərd kimi yanaşır. Onun formalaşmasında mühitin, cəmiyyətin və tərbiyənin rolunun əhə- miyyət və təsiri barədə maraqlı fikirlər söyləyir. Bu düşüncələrdə insan tərbiyəsinin əsasında dayanan bilik, iradə, səbr, ağıl və s. komponentlə- rin əhəmiyyət və vacibliyi üstün yer tutur. Məlumdur ki, nəzəri olaraq istər pedaqoji, istərsə də psixoloji baxımdan iradənin tərbiyə üçün lazım- lı faktora çevrilməsi tam sübuta yetirilmişdir. C.Rumi bütün xeyirxah iş və əməllərinin təməlində iradə faktorunun dayandığını təsdiqləyir. Mövlana belə hesab edir ki, əgər insanda iradə olsaydı, o, günah işlət- məzdi, xətalardan uzaq olardı. C.Rumi iradəni öyrədən müəllim üçün daha vacib sayır. Ona görə ki, hər bir elmi öyrətmək, həm də öyrənmək üçün möhkəm iradə tələb olunur. C.Rumi mülahizələrində bu fikir belə formalaşır: “İradə olmasaydı, müəllimlər nə üçün tələbələrə bunca səbrlə tərbiyə etməyə çalışırlar? Nə üçün cürbəcür metodlara əl atırlar?”

C.Rumi “Məsnəvi”də ağılın müxtəlif dərəcələrindən söhbət açır. O,

günəş qədər parlaq, atəş kimi yanan ağıl cəmiyyət üçün faydalı, taraz- lıqdan çıxmış ağıl isə zərərli hesab edir. Maraqlıdır ki, C.Rumi insan ağılının qüsurlu cəhətləri şəhvət, acgözlük, yüksək mövqelər ardınca qaçma və s. haqqında fikirlərini də xüsusi formada təqdim edir. Müəllif günəş kimi, atəş kimi parlaq olan ağıl insan ruhunun ifadəçisi, haqq aşiqinin yol yoldaşı, nəfsi isə heyvani hissin simvolu kimi xarakterizə edir. Lakin əsərdə insanın ali təqdimatı ilə yanaşı, həm də səbəblər alə- mində onun şərti yox, həqiqi formada fəaliyyət necəliyi də əksini tapır. Yalnız bunlara əməl etməklə insan bədən zindanında məhbus olan ru- hunun xilasına nail olur. “Məsnəvi”də istər maddi, istərsə də mənəvi aləmin hər birinin özünəməxsus rəngləri var. Burada həyat da, insan da, ölüm də, məzar da və s. zahiri yox, daxili boyalarına görə fərqlənir. C.Rumi bir irfan sahibi kimi Allahın qüdrəti qarşısında hər nəyi heç he- sab edir. Ona görə də insanları dünya gözəllikləri (nemətləri) qarşısında deyil, Allah qüdrəti qarşısında səcdə etməyə çağırır. “Məzarlıqdakı xə- zinə”, “Acgöz sərcəcik”, “Ən yaşlı kim” və s. çoxsaylı hekayələr mənə- viyyatın maddiyyət üzərində üstünlüyünün təbliği təsirindədir. Ailəsini dolandırmaqda çətinliklə üzləşən, aclıqdan əziyyət çəkən, övladlarının yanına hər axşam əliboş qayıdan Mustafanın müqəddəs və xeyirxah Xı- zırı yuxuda gördükdən sonra çətinliklərdən qurtarmaq ümidləri artır. Yuxuda ona deyilmiş ünvandan işarəli kağızı götürür və qəbiristanlığa gedir. Lakin artıq tamah onda qəbiristanlıqdakı xəzinənin daha uzaqda yerləşdiyi qənaətinə yaradır. Mustafa həmin hədəfə atdığı oxun düşdüyü yeri qazsa da, xəzinəni tapmır. Yuxusuna təkrar girən Xızır xəzinənin uzaqda yox, məhz onun ayaqları altında olduğunu deyir. Göründüyü kimi, burada nəfsin, insan xislətində tamahın tərkisilahlıq məqamı sufi- yanə tərzdə özünə yer tapmışdır.

“Məsnəvi”də tövbə, səbr, iradə, zikir, dua, nəfs və s. onlarla digər məsələlərin əsl mənəvi dərkə özünə yer tapır. Və Cənab Haqqın insan düşüncəsindəki laməkanlıq konsepsiyasında konkret məkan anlayışına bir sual kimi cavab belə tapılır: “Onun zəhmət sifətləri haradadırsa, o özü də oradadır. Güc, qüvvət, əxlaq saflığı, təmizlik, anlayış, duyum, düşüncə haradadırsa, o, oradadır”.

Cəlaləddin Ruminin “Məsnəvi”si irfan kitabıdır. Təsədüfi deyildir ki, Rumi özü bu kitabı “uca Peyğəmbərimizin incilərlə, həqiqətlərlə, sirlərlə, bilgilərlə dolu mənə dənizində bir adaya” bənzədir. Mövlana- nın təbirincə desək, “Məsnəvi”ni oxumaq deyil, yaşamaq lazımdır”. Doğrudan da, “Məsnəvi” ideyaları ilə yaşamaq insanı ilahi hikmətlər- dən xəbərdar edir, həqiqət mərtəbəsinə qaldırır.

Ey aşiq! Özünə bax, insanların işinə qarışma, “o, bunu deyir”, “bu, bunu deyir” deyib durma! “Filankəs mənə tikan deyir”,

“filankəs yasəmən deyə çağırır” düşüncəsinə qapılma! Hər sözə, hər kəsə əhəmiyyət vermə, gül ətri verməyə çalış. Filankəs sənə kafir deyir,

bir başqası isə din adamı deyir... Vaz keç bunlardan, gözünü aç!

**Allah sənə bəsirət gözü, könül gözü vermişdir. Elə bir göz verib ki,
sənin baxışlarına qarşı Cəbrayılın qanadı belə səcdəyə qapanar. Şəkil və surətə baxma!
Ey Haqq aşiqi, nəşələn!**

**Səni yüksəklərə uçuracaq qanadların olduqdan sonra insanlardan sənə nə qəm gələ bilər?
Ey özünün qüsurlarını görməyib başqa insanların yaxşısına, pisinə baxan zavallı!
Allah sənin köməyin olsun.**

Mövlana Cəlaləddin Rumi əslində bu cür ideyaları digər əsərlərin- də də “Fihi-Mafih”, “Məcalisi-Səbada” da əks etdirmiş, Tanrı, insan, dünya, axirət və s. haqqında fikirlər irəli sürmüşdür. “Fihi Mafih” (“Nə varsa içindədir”) 70-dən çox söhbətin yer aldığı mənsur əsərdir. Bu əsər ehtimallara görə Ruminin oğlu Sultan Vələd və müridi Hüsəməddin Çələbi tərəfindən qələmə alınmışdır. Dini, fəlsəfi, əxlaqi görüşlər bu əsərin mərkəzində dayanır.

“Məcalisi-Səba” əsəri də ideya baxımından “Fihi-Mafih”lə eyniy- yət təşkil edir. Burada da dini, fəlsəfi və əxlaqi görüşlər öyüdlər şəklində özünə yer tapır.

Həyatından məlumdur ki, C.Rumi bütün Anadolu bölgəsində böyük nüfuza sahib olmuş, insanların mənəvi ehtiyaclarının ödənilməsində əhəmiyyətli dərəcədə xidmət göstərmişdir. Buna görə də, bölgə əhali- si həmişə onun ətrafında toplaşmış, ondan ehtiyaclarının ödənilməsinə yardımçı olmağı xahiş etmişdir. Məhz bunun nəticəsidir ki, C.Rumi in- sanlara kömək məqsədilə onların həyat şəraitini, mənəvi və maddi duy- ğularını özündə əks etdirən çoxsaylı məktublar yazmışdır. Mənbələrdən məlumdur ki, C.Rumi gündə 10-12 məktub yazmış, bu məktublarda insanların həyatdakı yaşam tərzini özünə yer tapmışdır. Lakin C.Rumi- nin yazdığı məktubların müəyyən qismi əldə edilməmişdir. Yalnız əldə olunan məktublar sonradan bir yerə toplanaraq “Məktubat” adı ilə əsər kimi çap olunmuşdur. Qeyd edək ki, şərq aləmində Biruni və İbn Sina arasında misli-bərabəri olmayan məktublaşma nümunələri mövcud- dur. Ancaq C.Ruminin məktubları iki tərəfli məktublaşma deyildir. Bu məktublar, əsasən, xalqın vəziyyəti ilə əlaqədar səlahiyyət sahiblərinə, yaxın qohumlarına, ailə üzvlərinə, övladlarına və s. ünvanlanan mək- tublardır. Ruminin məktubları daha çox ümumi yox, konkret səciyyə daşıyır. Və hər məktubun başlığı onun məzmunu ilə bilavasitə bağlanır:

- 1) Gücü olmayan birisinin vergi borcunun bağışlanması üçün xahiş etməsi (17-ci məktub)
- 2) İşsiz qalan bir kişinin övladı üçün iş tələb etməsi (18-ci məktub)
- 3) Malı əlindən zülmə alınan birisinin durumu haqqında tövsiyə (62-ci məktub)
- 4) Özünə sığınan bir günahkar üçün bağışlanma tələbində olması (37-ci məktub)
- 5) Bağ satın alan Səlahəddinin verəcəyi 500 dirhəm borc üçün yar- dım istəməsi (83-cü məktub) və s.

Ümumiyyətlə, məktublar çox olduğu kimi orada toxunulan məsələlər də çoxluq təşkil edir. Məs., məktubların birində dövlət adamı Fəxrəddin Əliyə müraciət edilərək Şəmsəddin Yavtaşın dul qadını ilə izdivacın gecikdirməməsi xahiş edilir. Digər məktubda yenə Fəxrəddin Əliyə sərt şəkildə müraciətlə dərvişlərin sıxıntılarından, onlara edilən zülmədən şikayət olunur. Başqa bir məktubda “Xatunların ictimaiyyəti” adı ilə tanınan qadına müraciət edilir. Bu məktubda qadın “mələk sifətli”, “gözəl əxlaqlı”, “Allahı tanıyan”, “padşah əsilli” və s. şəkildə mədh olunur.

C.Ruminin “Məktubat”ında ailə üzvlərinə ünvanladığı məktub- lar ailə-məişət problemlərini əks etdirmək,

əxlaq, tərbiyə tövsiyələri baxımından əhəmiyyət daşıyır. Məs., məktublarından birində Şamda təhsil alan oğlanları Bahəddin Sultan Vələd və Ələddinə müraciətlə ata və babalarının vəsiyyətlərinə əməl etmələrini məsləhət bilir.

Oğlu Sultan Vələdə ünvanlanan digər məktubu isə Sultan Vələ- din həyat yoldaşı Fatma xatunla olan ailə ziddiyyətlərinə son qoymaq məqsədi daşıyır, xüsusilə, burada o, gəlini Fatma xatuna olan rəğbətini nəzərə çarpdırır. Məktubda C.Rumi istər məktubun yazılma səbəbini, istərsə də, məqsədinin nədən ibarət olduğunu belə qələmə alır: “Oğlu- muzun nigahında böyük bir sınaq olaraq bizə əmanət edilən padişahı- mızın qızının xatirinə riayət etməyiniz üçün bir neçə sətir yazıldı...”

...Övladımdan diləyim budur. Atasından heç bir şey gizlətməsin, kimdən inciyirsə söyləsin. Əgər əziz oğlum Bahəddin sizi incitməyə meyl edərsə, gerçəkdən könlümü, sevgimi ondan alaram. Salamına daha cavab vermərəm. Cənazəmə də gəlməsini istəməərəm”.

Məlumdur ki, C.Ruminin kiçik oğlu Ələddinlə Şəms Təbrizi arasında ixtilaf olmuş və bunun nəticəsində Ələddin bir müddət şəhərdən kənarda yaşamışdır. Oğluna yazdığı məktubda C.Rumi onun geriye dönməsini, atasının qəlbini şad etməsini istəyir: “Əziz oğlum atasından salami oxusun... Allah xatirinə atanın könlünü razı etmək istəsən evini unutma.”

“Farsca yazmağıma baxmayın, əslim türkdür” deyən Cəlaləddin Rumi yaradıcılığında türkcə yazılmış nümunələrin sayı həddindən artıq az olsa da əhəmiyyəti böyükdür. Hər şeydən əvvəl, ona görə ki, C.Rumi Anadoluda türk şeirinin əsasını qoymaqla bu dildə şeir yazmaq ənənə- sinin formalaşdırmışdır. C.Rumi bir tərəfdən farsdilli şeirlərində türk sözləri işlədirsə, o biri tərəfdən bir beytin yarısını və ya bütöv şəkildə türkcə verməklə gözəl müləmmələr yaradır və fikrin poetik ifadəsinə nail olur. Məs:

Mən yarı bivəfayam bər mən cəfa qılır sən,

Gər tu mərə nəqahi mən hod səni tilər (istəmək) mən.

Və yaxud,

Sevdəyi ruhi Leyli şud hasili ma xeyli, Məcnun bigi və veyli oldum yenə divanə.

SONUÇ

C.Rumi türk dilinin sənət imkanlarını təkcə farsdilli şeirlərində türk sözləri işlətməklə və ya müləmmələr yaratmaqla yox, eyni zamanda, sırf türkcə şeirlər yazmaqla da nümayiş etdirmiş və təsdiqləmişdir. Düz- dür, ədəbiyyat tarixlərində şairin türkcə şeir yazması və türkcə şeirlə- rinin sayı barədə bir-birindən fərqli mübahisəli fikirlər əksini tapsa da, C.Ruminin türk dilində bir neçə şeirinin olması məlumdur. Mənbələrdə C.Ruminin həmin şeirləri ömrünün son illərində yazdığı bildirilir. Bu nümunələr XIII əsr Anadolu türk ləhcəsinin xüsusiyyətlərini özündə əks etdirmək baxımından xarakterikdir. Ona görə də, Ruminin türk dilli şeirləri bir tərəfdən bu dilin poetik imkanları, başqa bir tərəfdən isə yaşadığı bölgənin timsalında XIII əsr türk dilinin leksik-semantik mən- zərəsi haqqında böyük təsəvvür yaradır:

Yoxsul isən səbr eyləgil,

Sər bay isən xeyir eyləgil Hər bir halə şükür eyləgil, Haqq döndürür haldan halə.

Heç şübhəsiz, C.Rumi türkcə yazdığı şeirlərində də irfani görüşlə- rinə söykənmiş, haqq yolu axtarıqlarını

davam etdirmişdir:

Dünya onun, axrət onun, Nemət onun, möhnət onun. Tamu onun, cənnət onun, Haqqa mənə nə mal gərək, Diləyim eyi hal gərək.

Nə qül gərək, nə qal gərək Kəndisini bilən qula.

Diqqətlə baxdıqda səmalara yüksəlib haqqına sahib çıxan, haqq yolçularını dərgaha səsləyən şair səsinin türk tərzində ifadəsinin oxucu- ya təsiri ən yüksək səviyyədə üzə çıxır.

Çələbidir qamu dirlik, Çələbə gəl nə gəzərsən? Çələbi qulların istər, Çələbini nə sanırsan?

Nə oğurdur (səadət), nə oğurdur Çələb ağzında qığırmaq (çağırmaq).

Qulağın aç, qulağın aç ola kim anda dolarsan.

C.Rumi türkcənin gözəl nümunəsi olan başqa bir şeirində də fikir- lərini sadə, eyni zamanda poetik dərinlikdə ifadə edir:

Əgər keydur qarındaş, yoxsa yavuz, Uzun yolda sana budur kılavuz

Əgər Tatsan və gər Rumsan və gər Türk, Zəbani bizə bananra biyamuz.

Qeyd etmək lazımdır ki, ərəzun türkcəyə tətbiqində C.Ruminin xidmətləri böyükdür. “Məsnəvi” əsərini ərəzun rəməl bəhrində (faila- tün, failatün, failün) yazmaqla Anadolu və ətraf bölgələrdə yeni əsnə formalaşdıran C.Rumi türkcə şeirlərini də bu bəhrin tələbləri daxilində qələmə almışdır.

C.Rumi müsəlman Şərq ədəbiyyatını öz təsirində saxlayan, divan ədəbiyyatının yeni zəmində inkişafına istiqamət verən sənət korifeyi- dir. Təsadüfi deyildir ki, öz ideyaları ilə Höteni heyran qoyan, dialektik metod nəzəriyyəsini işləməkdə Hegelə təsir göstərən, Mahatma Qandi- nin dünyagörüşünün formalaşmasında rolu olan C.Rumi övliya rütbəsi qazanaraq müqəddəslər sırasında dayanmış, yaradıcılığı isə yaşadığı zamandan bu günə qədər (800 il müddətində) Şərq və Qərb dünyasında sevgi və zövq mənbəyi olmuşdur.

KAYNAKLAR

1. Ahmet Atilla Şentürk, Ahmet Kartal. Eski türk edebiyatı tarihi, Dergah yayınları, 2008.
2. Banarlı N.S. Resimli türk edebiyatı tarihi, İstanbul, 1998
3. Cəlaləddin Rumi. “Məsnəvi”dən seçmələr. Bakı, 2007.
4. Yunis Əmrə. Risalətün-nushiyyə. Bakı, 2013
5. Yunis Əmrə. Güldəstə. Bakı, 1992
6. Mustafa Tatcı. Yunus Emre yorumları, Ekim, 2015
7. Nihad Sami Banarlı. Türk ədəbiyyatı tarixi, 2 cildə, 1-ci cild, İstanbul, 1998
8. Quliyev Elman. Türk xalqları ədəbiyyatı, Bakı, 2017

NİZAMİ GƏNCƏVİ YARADICILIĞINA ELMİ-TƏNQİDİ BAXIŞ**Dr. Ülker Bahşıyeva****ADPU-nun Filoloji fakültesinin, Edebiyatın tədrisi texnologisi, bölümünün baş öqretim üyesi****ulker.baxsiyeva@mail.ru, ORCID İD 0000-0002-5994-2356****Özet**

N. Gəncəvinin sənəti M.İbrahimovun elmi araşdırmalarında bir neçə baxımdan təhlilə cəlb olunmuşdur. “Şeirimizin şərəf və ıftixarı”, “Leyli və Məcnun”, “Xosrov və Şirin” və s. tədqiqlərində N.Gəncəvinin yaradıcılığını birbaşa hədəf seçmiş, araşdırmalarını konkret problem üzərində davam etdirmişdir. M.İbrahimov N.Gəncəvini haqlı olaraq bəşər söz sənəti tarixinin ölməz və əzəmətli nümayəndəsi hesab edir.

Anahtar kelimələr: Nizami, yaradıcılıq, şeir, elmi, tənqid

A SCIENTIFIC-CRITICAL APPROACH TO THE CREATIVE WORK OF NIZAMI GANJAVI**Summary**

O. Ganjavi's art was analyzed from several aspects in M. Ibrahimov's scientific research. In his studies "The Honor and Pride of Our Poetry", "Leyli and Majnun", "Khosrov and Shirin", etc., he directly targeted N. Ganjavi's work and continued his research on a specific problem. M. Ibrahimov rightly considers N. Ganjavi to be an immortal and magnificent representative of the history of human word art.

Keywords: Nizami, creativity, poetry, science, criticism

GİRİŞ

Akademik Mirzə İbrahimovun elmi-tədqiqat xarakterli yaradıcılığında klassik irsin öyrənilməsi, onun ənənələri və estetik prinsiplərinin araşdırılması əhəmiyyətli yer tutur. Nizami, Nəsimi, Füzuli, Vəqif, Heyran xanım, Q.Zakir, A.Bakıxanov, M.F.Axundov, C.Məmmədquluzadə, N.Vəzirov, Ə.Haqqverdiyev və s. kimi böyük sənətkarları təhlilə cəlb edərkən M.İbrahimov bir tərəfdən Azərbaycan xalqının çoxəsrlik ədəbi-bədii ruhunun rəngarəngliyini, digər tərəfdən hər bir sənətkarın fərdi yaradıcılıq keyfiyyətlərini üzə çıxarmışdır. Bu cür araşdırmaları ilə akademik M.İbrahimov ayrı-ayrı sənətkarların simasında formalaşan ədəbi-bədii ənənənin güclü olduğunu sübut etmiş, hər hansı yeni mərhələdə ənənənin müsbət nəticələrinin nədən ibarət olduğunu açıqlamağa çalışmışdır. Akademik M.İbrahimov 1959-cu ildə yazmış olduğu “Ənənəyə həssas münasibət” məqaləsində bu barədə belə deyir: “Azərbaycan xalqı uzun əsrlik həyatının və tarixinin xüsusiyyətlərini, mübarizəsini, ruhunu, zövqünü, arzu və istəklərini ifadə edən və özünəməxsus yaradıcılıq siması, yaradıcılıq yolu olan kamil bir poetik məktəb yaratmışdır ki, onun ənənələri, estetik prinsipləri çox güclüdür... Hər hansı ənənə, hər hansı təcrübə yalnız istifadə olunduğu zaman, həm də düzgün istifadə olunduğu zaman müsbət nəticə verir, xalqın irəliləməsinə kömək edir” (11, 507).

M.İbrahimovun araşdırma apararaq haqqında orijinal fikir söylədiyi böyük sənətkarlardan biri də Nizami Gəncəvi olmuşdur. Nizami dünyanın elə böyük sənətkarlarından ki, öz yaradıcılığı ilə planetin bütün sənətsevərlərini yerindən tərpətməmiş, güclü idrak sahiblərini haqqında söz deməyə vadar etmişdir. Orta çağlardan üzü bəri, daha doğrusu, şairin özündən sonra ta bu günə qədər onun irsi heç vaxt diqqətdən kənarda qalmamışdır. Çoxsaylı Şərq və Qərb alimləri azərbaycanlı dahinin əsərlərini öyrənməyə onların hər biri haqqında mühakimə yürütməyə səy göstərmiş, müxtəlif tədqiqat əsərləri yazmışlar.

Azərbaycan Nizamişünaslığından bəhs edərkən M.Ə.Rəsulzadə, M.Rəfil, M.İbrahimov, M.Quluzadə, Ə.Ağayev, M.Əlizadə, M.Arif, Ə.Səidzadə, H.Araslı, Q.Əliyev, R.Əliyev, D.Əliyeva, T.Məhərrəmov, X.Yusifov, M.Kazımov, A.Rüstəmov, V.Arzumanlı və bir çox başqalarının xidmətlərini qeyd etmək lazımdır.

“Nizamişünaslıq”a töhfə verən dünya alimlərinin də sayı onlardır: Y.Hammer, V.Baxer, F.Erdman, Y.Repka, P.Horn, H.Ritter, İ.Byurno, A.Russo, F.Şarmua, L.Araqon, C.Cons, S.Russo, S.Robinson, E.Braun, Y.Bertels, A.Krımiski, M.Relski, R.Kelpken, A.Ləvənd, A.Bombaçi, A.Lesaj və s. Onların hamısının adını çəksək, olduqca uzun bir siyahı alınar. Nizamidən bəhs edən alimlər içərisində bəzi məqamlarda yanlışlığa yol verənlər də olub, hər şeyi gerçəklikdə olduğu kimi görüb tam həqiqəti yazanlar da.

N.Gəncəvinin sənəti M.İbrahimovun elmi araşdırmalarında bir neçə baxımdan təhlilə cəlb olunmuşdur. “Şeirimizin şərəf və ictimaiyyəti”, “Leyli və Məcnun”, “Xosrov və Şirin” və s. tədqiqatlarında N.Gəncəvinin yaradıcılığını birbaşa hədəf seçmiş, araşdırmalarını konkret problem üzərində davam etdirmişdir. M.İbrahimov N.Gəncəvinin haqlı olaraq bəşər söz sənəti tarixinin ölməz və əzəmətli nümayəndəsi hesab edir. Ümumiyyətlə, M.İbrahimov bir alim, bir yazıçı olaraq sənəti qiymətləndirərkən birinci növbədə istedadı yüksək qiymətləndirmişdir. Onun fikirlərinə görə sənət aləmində qələbə yalnız istedad sahiblərinə məxsusdur: “Sənət meydanı elə bir meydana ki, orada gərək böyük əql və atəşin təbiət sahibləri at oynatsınlar. Birisi yaradıcılığı ilə bizi heyran buraxar, o birisi vəcdə gətirər. Hər ikisi sənətdir. Lakin heç bir halda artıq sözə, duzsuz hərəkətə, insanı bıqdıran təkrarlara yol verilməməlidir. Təkrar biliyin anasıdır, sənətin ögey anasıdır” (11, 84).

N.Gəncəvi dühasını bu cəhətlərdən dəyərləndirən M.İbrahimov onun ədəbiyyatımızdakı rolunu və mövqeyini xüsusi şəkildə təqdim edə bilir. Düzgün olaraq Nizami yaradıcılığında mövcud olan bədii kamillik, ictimai-fəlsəfi məna dərinliyi və ifadə dolğunluğunu sənətin əsas göstəricisi kimi qiymətləndirir. Nizami əsərlərinin zamanından bu günə qədərki şöhrətini də bununla bağlayır. M.İbrahimov N.Gəncəviyə təkcə şərq kontekstində yanaşmır. Onu həm də Qərb oxucusu üçün əhəmiyyətli sənətkar hesab edir. Ümumən dünya ədəbiyyatının inkişafındakı rolunu Homerdən, Dantedən, Hötedən, Şekspirdən və s. az hesab etmir.

KAYNAKLAR

1. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, I cild, Bakı: Yazıçı, 1978, 512 s.
2. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, II cild, Bakı: Yazıçı, 1978, 504 s.
3. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, III cild, Bakı: Yazıçı, 1979, 592 s.
4. İbrahimov M. Əsərləri , 10 cilddə, IV cild, Bakı: Yazıçı, 1979, 596 s.
5. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, V cild, Bakı: Yazıçı, 1980, 339 s.
6. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, VI cild, Bakı: Yazıçı, 1981, 376 s.
7. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, VII cild, Bakı: Yazıçı, 1981, 332 s.
8. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, VIII cild, Bakı: Yazıçı, 1981, 303 s.
9. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, IX cild, Bakı: Yazıçı, 1982, 664 s.
10. İbrahimov M. Əsərləri, 10 cilddə, X cild Bakı: Yazıçı, 1983, 507 s.
11. İbrahimov M. Niyəsiz, necəsiz bir yazısan sən. Bakı: Yazıçı, 1985, 552 s.
12. İbrahimov M. Xəlqilik və realizm cəbhəsindən. Bakı: Azərnəşr, 1961, 524 s.
13. İbrahimov M. Ana dili – hikmət xəzinəsi. Bakı: Azərbaycan Dövlət Nəşriyyatı, 1991, 136 s.

AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY THE FLOOD BY KOBO ABE

Irina-Ana DROBOT

| ORCID 0000-0002-2556-6233 | E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages,
Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the science fiction short story *The Flood* by Japanese author Kobo Abe. The story focuses on a philosopher, who is poor and honest, who, as he does not notice anything unusual while studying the universe with his telescope, when he turns to study earth and the social realities around him, he notices a chaotic world. A deeply unstable world is presented based on the fictional world in this short story where people turn into liquid. It all begins with the body of a worker, whom he focuses his telescope on. At first, symbolically, as the philosopher turns to look at the world around him, everything is shown upside down. The world is upside down in a figurative sense, due to the instability in society. The philosopher announces a great flood after the worker turns into liquid. Workers gradually disappear and they turn into liquid. Physicists and scientists look for explanations. Liquefied humans could also freeze and evaporate. Members of the elites or rich classes, such as owners of factories and industrialists literally drown in a cup of coffee or in a glass of whiskey. The workers seem to hold a sense of stability in this world and order. The story ends with Noah preparing his arch for the Second Flood. However, human beings getting in his boat turn into liquid and everything is destroyed, including humanity. This short story presents readers with an apocalyptic image of the world. The methodological framework is composed of reader-response criticism, psychoanalysis, and psychology.

Keywords: apocalypse, psychoanalysis, psychology, social order, rebellion, instability.

Introduction

If we look for a definition of science fiction, we will come across "the inability to define science fiction" (Kincaid, 2003). This is because this genre is a complex phenomenon and it is of different types. According to Shi (2025), science fiction "emerged from base fiction and is differentiated by its involvement of science and realism." Another type of definition presented by Shi (2025) is the following: "For some, SF is defined as the straightforward combination of science, imagination, and fiction." In addition, Shi (2025) mentions the way in which Suvin (1972) "defines SF as a literary genre whose necessity is the presence and interaction of estrangement and cognition." Indeed, science fiction stories present readers with strange worlds, with strange experiences, and they start reflecting on these different realities.

We may think of science fiction literary works to be about space and about technology. However, this is just the hard science fiction genre. We may consider, alongside the heavily scientific-based science fiction literature, a genre of light science fiction, which may attract both readers and authors who are not so much preoccupied by science and technology. However, they use their imagination to a high extent and speculate on various aspects of the world and of the human mind.

AlMuzairai (2026) focuses on two periods of science fiction: the one called the Golden Age, from about the 1938-mid-1950s, and the one called the New Wave, lasting from about 1964-early 1970s. The first period means an optimistic perspective, focusing on confidence about science, innovation, and technological progress. The second period focuses on feelings of anxiety, of uncertainty, caused by the Cold War, as well as the limits of scientific and technological progress, and on the threat of an apocalyptic end of the world.

In order to better understand science fiction, we realize that we cannot simply apply a particular definition or focus on particular features, even when we choose a story for analysis. Each and every science fiction story needs to be understood in its own right.

Materials and Methods

The short story chosen for analysis in this paper is *The Flood* by Japanese author Kōbō Abe (1924–1993). According to Cordasco (2025), "Most of the magical realism and surrealism that has come into English literature from the Japanese" has come from this author. His novels and short story collections "easily move among the various subgenres of science fiction, surrealism, and magical realism, are focused on the absurd and bewildering and were in turn influenced by Western works" (Cordasco, 2025), such as those by Franz Kafka and Samuel Beckett, where "characters are placed in bizarre situations (such as a town at the bottom of a sand pit, a confusing and nightmarish hospital, etc.) and must figure out how to adapt to their new circumstances" (Cordasco, 2025). According to Boaz (2024), referring to the short story *The Flood*, writes the following about the context of Japan at the time when Abe was writing: "In a Japan with traditional values undermined by the post-War occupation, Hanada and his followers, including Abe, wanted to craft a 'new art' that depicted the changing world deploying both the real and unreal, i.e., 'a synthesis of opposites.'" Cordasco (2025) completes the context, by adding that "For a Japan reeling from war, nuclear disaster, and occupation, such an approach to literature may have seemed like the only appropriate one."

In *The Flood*, Abe presents us with the character of a philosopher, poor and honest, who is studying the universe with his telescope. He sees nothing unusual there, so he points his telescope to the earth. This suggests to readers that the philosopher may have been lost in abstract reflections, while he has been neglecting the world he lives in, with its issues and which can directly impact him. Social realities also need to be observed, analysed and understood in depth. Apparently, as soon as the philosopher notices something strange, the respective phenomenon continues further on. Significantly, the philosopher sees the world upside down, suggesting to readers that the world is like this both literally and figuratively, that the usual order has been upset, that there is

instability: "An upsidedown road dangled in front of his nose. A similarly inverted worker appeared, walking backwards along the road" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). Further on, the philosopher tries to correct this perspective in his mind, which further on leads to correcting what he sees through the telescope: "Righting these images in his head, and returning them to their usual relationship, the philosopher adjusted the lens and followed the worker's movements" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). However, the world does not return back to normal. On the contrary, this seems just the beginning of the world gone wrong: "Under the wide-bore lens, the interior of the worker's little head was transparent" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). The explanation given for this state of affairs relies on a fantasy-like reason, making the short story slide more and more into a creative, absurd, imaginary land: "The reason was that the worker, on his way back from the night shift at the factory, had nothing in his head but fatigue" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). Reality grows more and more strange, as the philosopher observed it: "The outline of the worker's body unexpectedly grew blurred. Melting from the feet up, the figure knelt slimily and dissolved. Only the clothes, cap, and shoes remained, in a mass of fleshy liquid. Finally, completely fluid, it spread out flat on the ground" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). The liquefied worker is not the only one. Other workers and poor people turn into water. Further on, prisoners manage to get free as they turn into liquid and can get out. We witness, together with the philosopher, a threat posed to law and order. This can suggest a social order that is unstable. It could be a rebellion, which leads to destabilizing society. The former order of the world made it stable. Scientists try to understand the phenomenon, but it remains beyond their comprehension. Fish and plants are also affected, and launched into chaos, due to their important relationship with water. Further on, rich people, such as owners of factories and industrialists drown in cups of tea and glasses of whiskey. Rich people become afraid of water, and this means that they fear drinking water, as they see it as a harmful substance.

Readers notice how the entire world and entire society, starting from a small detail which suggests fantasy – the philosopher seeing the world upside down in his telescope – leads to a literal turning upside down of the previous order and stability of the world. What is more, everything is beyond any rational, scientific explanations, as suggested by the fragment below:

By now, from one end of the world to the other, invisible voices were mingling in a chorus crying doom by a great flood. But the newspapers, at first publishing the following reasons, strenuously denied those rumors:

- a) This year's rainfall, both regional and global, is below the annual average.
- b) All rivers reported to have flooded have not exceeded the seasonal variation for a normal year.
- c) No meteorological or geological abnormalities have been observed. (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023).

Indeed, we see how any explanation that would have worked until then remains unable to account for what is actually going on in the world. Abe (in Apostolou & Greenberg, eds., 2023) explains this as follows: "These were the facts. But it was also a fact that the flood had already started. This contradiction caused general social unrest. It was already clear to everyone that this was no ordinary flood" (Abe, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). The entire story suggests a general state of anxiety, starting with the first worker turning into liquid. Impossible happenings lead readers and characters through states of anxiety, as everything around seems to break down. The usual reality we feel comfortable with is, gradually, destroyed in this short story. The readers are taken, progressively, into an unfamiliar world. We can think in this case of Shklovsky's (1917) defamiliarization, which claims that, in order to create genuine art, we need to make reality strange, by presenting it from unexpected perspectives.

Further on, readers find a familiar character, who can be directly connected to the announced flood: Noah, with

his arch. However, after this familiar character and reality is presented, it is also destroyed as a familiar reality and as a solution: the people turning into liquid cause the arch to sink. In this way, readers face an apocalyptic world, with an apocalyptic ending.

It is left up to readers to interpret this story, as this story asks from them to take an active position. This active position is explained by reader-response criticism, according to which readers react emotionally to texts, and they also rely on their background knowledge in order to better understand texts (Mart, 2019). Readers may apply a social reality-based understanding, of a socially unstable world, which could be in this way due to rebellion, to political conflicts, natural hazards, to wars. In this sense, we may include Abe's story in the New Wave of science fiction, influenced by the consequences of the war, which can destroy anything. Further on, readers may consider that this short story is about the psychology of readers, whose fears and anxieties are echoed in this science fiction, imaginary world. The entire world is destroyed, suggesting that they feel it is changing by becoming unfamiliar, and by these social changes and the entire world changing makes them feel that everything has been ruined. We may figuratively claim that the world is destroyed, that our society is destroyed, that everything we have known is now gone. The short story by Abe turns these figurative words into a concrete reality in an imaginary world. Psychoanalysis can help readers relate this short story to the way we experience dreams. Our wishes are fulfilled in dreams, yet they are fulfilled in strange ways (Freud & Brill, 1999), as we tends to use defense mechanisms in order to mask desires we consider unacceptable. In this sense, readers may interpret that the philosopher's wish to destroy this world, as he has likely studied its problems, its loss of morality, its decay.

Readers can rely on their own free associations in order to connect ideas and establish various connections between aspects of reality, of their inner world, and of the imaginary worlds depicted in this science fiction short story by Abe.

Results

The short story by Abe can prompt readers to think about the way in which society changes deeply from one historical age to another, e.g. from Communist times to after-Communist times, or from the way society looked like and was structured before the war and the way it looks after the war. Changing values can lead to the changing looks of society. Once we live through very different historical times we can find it difficult to adapt to the new society, especially since its values do not correspond to our own. We may feel at odds with changes in society, which may lead us to think that the world – the way we have known it – has reached its end. Conflicts in society may, eventually, lead to the same impression, that the world has been destroyed. There are references to social conflicts in this short story, as once workers turn into liquid, the rich and the members of the elite become afraid of water, suggesting that they can be afraid of rebellions of the workers.

Discussion and Conclusion

The short story *The Flood* by Abe prompts readers to continue to reflect on the state of society and on their fears and wishes related to it. Readers may think about living in a world where nothing makes sense, starting from the way in which scientific explanations cannot be found about why people are turning into liquid. The absence of understanding the causes and reasons of why something is happening can only lead to anxiety and fear. Everything seems to have escaped human control, once scientists cannot find any explanation for what is going on. A new understanding of the world is required, yet it is not found. We tend to wish to explain the reality around us, since in this way we feel that we know what to expect and since we feel safe. Changes which are beyond our control lead to anxiety and fear – and society can drastically change due to changing political orientation of those in power, natural disasters, wars, and unknown causes.

References

- Abe, K. The Flood. In Apostolou, J.L. & Greenberg, M.H., eds. (2023). *The Best Japanese Science Fiction Stories*. Barricade Books Inc., New York.
- AlMuzairai, Y. I. (2026). *From hard science fiction to soft science fiction: The hero's journey and visions of utopia and dystopia* (Doctoral dissertation, Brunel University London).
- Boaz, J. (2024). Short Story Review: Kōbō Abe's "The Flood" (1950, trans. 1989). <https://sciencefictionruminations.com/2024/03/22/short-story-review-kobo-abes-the-flood-1950-trans-1989/>
- Cordasco, R. (2025). Fantastic Fiction: Kōbō Abe and Post-War Japanese SFT. <https://seattlein2025.org/2025/01/31/fantastic-fiction-kobo-abe-and-post-war-japanese-sft/>
- Freud, S., & Brill, A. A. (1999). *The interpretation of dreams* (Vol. 4, p. 1900). Oxford: Oxford University Press.
- Kincaid, P. (2003). On the origins of genre. *Extrapolation*, 44(4), 409–419.
- Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. *The New Educational Review*, 56, 78-87.
- Shi, E. (2025). Binary Classification of Science Fiction: Examining Hard and Soft SF. *SFRA Review* 55, 27-33.
- Shklovsky, V. (1917). Art as technique. *Literary theory: An anthology*, 3(3), 8-14.
- Suvin, D. (1972). On the poetics of the science fiction genre. *College English*, 34(3), 372–382.

AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY TANSU BY RYO HANMURA

Irina-Ana DROBOT

| ORCID 0000-0002-2556-6233 | E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages,
Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the science fiction short story *Tansu* by Japanese writer Ryo Hanmura. This story prompts readers to start building explanations about the meaning of the sitting on tansu chests first by one of the youngest boys of Ichisuke, then of the other children and then if their mother. Ichisuke is a fisherman with a large family, in the story told by a woman to a tourist. Ichisuke who finds it strange and scary that all his family ends up sitting on two tansu chests at night, while he is the only one sleeping in his bed. At first, he takes it as a sign that his youngest son does not obey him. Then he finds it all the more scary and strange, until he leaves his family by becoming a sailor and travelling on a boat. One day the boat returns to his place and his family takes a chest on his boat, asking him to sit on it while they row, so that he would understand why they sat on the tansu chests. The family carries the fisherman sitting on a tansu chest back home, as he descends from his boat. The woman telling the story asks the tourist to sit on the tansu chest himself so that maybe he would also understand. No more explanations are given. Readers will find out if they look up what a tansu is that it is a mobile piece of furniture where various objects are stored. In this sense, readers may interpret this act of sitting on a tansu chest as thinking about keeping objects from the past, preserving memories, and a sense of togetherness and continuity through the respect for traditions. The methodological framework is composed of reader-response criticism, psychoanalysis, and psychology.

Keywords: traditions, psychoanalysis, psychology, family, past, community.

Introduction

Science fiction stories vary from the ones strongly focused on science and technology from the ones which take science fiction lightly, moving closer to the fantasy genre, which can be described as a light science fiction. Science fiction can become a mixture of the absurd, the imaginary, magic realism, and allusions to psychological and social realities.

Regarding Japanese science fiction, "it started surprisingly early with, as in many other places, the translation of Jules Verne and progressed, not surprisingly [...] with military/future war sf" (Marzaat (2016).

The short story *Tansu* by Japanese writer Ryo Hanmura, chosen for analysis in this paper, just like others in the anthology which is part of - *The Best Japanese Science Fiction Stories* (in Apostolou & Greenberg, eds., 2023) - is described as not actually being science fiction (Marzaat, 2016). This could refer to science fiction as readers may expect it to be about science and technology - since there is no one single definition of this genre. Instead, "It seems to be just a story of psychic possession/haunting by a chest" (Marzaat, 2016) and it also alludes to a "social commentary on familial relationships (Marzaat, 2016).

Materials and Methods

The short story *Tansu* begins like a fairy-tale, referring to what happened far back in the past. It is a story within a story. An old woman tells to a tourist or guest a story from long time ago, which happened in that house. It is the story of fisherman Ichisuke, who had eight children. The youngest son, for several nights, no longer sleeps in bed, but sits on an old wooden chest called tansu. Tansu is a portable furniture inside which various objects are kept. The fisherman is, at first, very upset that his son does not respect him and obey him, so he punished him. However, the same thing repeats every night, until all members of the fisherman's family sit on more tansu chests. Ichisuke is, at first, upset by his youngest son's behaviour, while also considering it strange. Gradually, Ichisuke becomes afraid of what is going on, especially since his family members, one by one, joining the youngest son on the tansu at night. As he is the only one left to sleep in bed, he decides to run away from his own house. He joins a crew on a boat and they sail away from that place. The ship returns to the same place after some time, and his family comes to him with a tansu chest and ask him to sit on the tansu chest - in order to understand - while they row the boat back home. The family tells Ichisuke that there is nothing to be afraid of, alluding to the tansu chest.

The old woman telling this story underlines to her listener - and readers also hear this - that this is a strange story. She asks the guest to sit on the tansu chest himself in order to understand.

The story is, therefore, left to readers to understand. There is no explanation about what sitting on the tansu chest means. Everything is left to be implied. This is why readers play a major role in interpreting this story and assigning to it a meaning, which is why reader-response criticism is the main approach used to analyse this short story by Hanmura. According to reader response criticism, readers react emotionally to texts and they also use their background knowledge in order to interpret them (Mart, 2019).

Based on this short story by Hanmura, readers try build meaning for the acts of sitting on the tansu chest and the reaction of the fisherman. What immediately comes to the readers' minds is that the tansu chests are associated with Japanese traditions and rituals. Society sets up ways in which families and individuals should live, based on common traditions. Readers notice that the members of the fisherman's family tend to symbolically stick to the past, to traditions, as they sit on the tansu chest. The chest holds, likely, old objects as well, which refer to the family's personal and social past, to their traditional values. The fisherman can be seen as individualistic, as letting go of the past, of the traditions, of the connections with his family, since he does not sit on the tansu chest with them and goes as far as leaving his home as a sailor. He may be considered to wish to explore other values and other ways of life. However, he feels curious about his home, when the boat returns to his place. His family ask

him to return and to understand, readers imply, their past, traditions, values, and to connect with them. In the end, it is mentioned that the fisherman agreed to return home to his family. Such an interpretation is supported by the review of this short story on the blog Tongues of Speculation (2014): "The tansu can be seen a relic of the past, an anchor to Japan's long history from the ship of modern change." Indeed, readers are familiar with the way in which in Japan, traditions and contemporary, modern life coexist. The two of them can be intertwined, and this is suggested by the fisherman's return. In the past, Japan was mostly a collectivistic country, meaning that the individual acted in the interest of the whole group. Features of collectivism are preserved in Japan, as the good of the community remains important. At the same time, like everywhere in the world nowadays, individualism is on the rise (Santos et al, 2017). The fisherman can be understood as being conflicted whether to resort to individualism or to collectivism as values. He seems at first attracted to individualism, while afterwards he returns to collectivism. Collectivism means focus on the family, not on the individual. Likely, the fisherman had faced problems in his family life, with trying to make his children obey him, or other usual conflicts, and may have decided that it would be easier if he lived on his own. It is only mentioned in the story that the fisherman was scared of his family's ritual of sitting on tansu chests at night and not sleeping, not that it was hard for him to provide for them.

The short story relies on a state of anxiety created by the past and by a traditional lifestyle. In this sense, the short story is about the psychology of the fisherman, a man who is struggling internally about what lifestyle to choose: the traditional or the modern one. In addition, the short story is about the expectations of the fisherman about family life. He wishes to be obeyed and thus recognized as an authority figure. His family does not obey him; on the contrary, they seem to stick together and to oppose him through their attitude of siding with the youngest boy by sitting on tansu chests at night. This can be considered, from a psychoanalytic point of view, a failure on his part to identify with his father, whom he perceived as an authority figure whom everyone obeyed. Likely, the youngest boy not listening to him can be interpreted as a challenge to his authority, and the other members of the family siding with the young boy may be a reference to new ways of raising children, to new rules of parenting. In the end, the fisherman accepts that family life has changed, that his own image of himself as a parent formed in his childhood may be challenged, as he reconciles with his family.

While readers expect a magical type of explanation, or a psychological illness taking over the fisherman's family, the short story by Hanmura is about restructuring the fisherman's unconscious expectations and image formed about himself and about the way his family should behave.

Results

The short story *Tansu* by Hanmura explores the sensations of science fiction, the absurd, magical realism, which can be associated with the human psyche. Our unconscious can include such sensations as we are confronted with differences between the way we have pictured our life and the way it proves to be. The difference is caused by the way we have unconscious wishes, fears, anxieties and by the way we deal with them.

Discussion and Conclusion

Exploring the unconscious with psychoanalytic methods can lead to life stories and dream analyses, as well as to free associations which may very well remind us of science fiction, fantasy, magic realism, and absurd short stories. It is enough to look at our dreams during nighttime to draw parallels between the contents of the unconscious and science fiction. A strong sensation of what Freud (1976) called the uncanny is resented throughout the short story by Hanmura, as the gesture of the fisherman's family of sitting on tansu chests seems not only strange, but also familiar, although the fisherman may not know why. It seems strange since he has not thought of traditions, of the past, or at least not in the way in which his family does, and it is also familiar, likely since it means that a family needs to be united, not divided.

References

- Freud, S. (1976). The "uncanny". *New Literary History*, 7(3), 619.
- Hanmura, R. Tansu. In Apostolou, J.L. & Greenberg, M.H., eds. (2023). *The Best Japanese Science Fiction Stories*. Barricade Books Inc., New York.
- Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. *The New Educational Review*, 56, 78-87.
- Marzaat. (2016). *The Best Japanese Science Fiction Stories*. Book Review, Science Fiction. <https://marzaat.com/2016/10/18/the-best-japanese-science-fiction-stories/>
- Santos, H. C., Varnum, M. E., & Grossmann, I. (2017). Global increases in individualism. *Psychological science*, 28(9), 1228-1239.
- Tongues of Speculation. (2014). Tansu – Ryo Hanmura. <https://tonguesofspeculation.wordpress.com/2014/10/02/tansu-ryo-hanmura/>

AN ANALYSIS OF THE SHORT STORY BOKKO-CHAN BY SHINICHI HOSHI

Irina-Ana DROBOT

| ORCID 0000-0002-2556-6233 | E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages,
Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the science fiction short story *Bokko-Chan* by Japanese writer Shinichi Hoshi. The story is about an inventor who creates a very pretty robot girl, and who uses her to chat with customers and to attract them at the bar. The business prospers. The inventor knows he has not made her very smart - she even has a very limited ability of conversation -, yet he knows how to make her seem a real person and not a robot by rushing to her help when some clients begin to insist too much when asking her to go out with them. The bar owner allows the robot to receive drinks offered to her by customers, yet afterwards he gets the drinks back and serves them again to customers, since he does not want to waste anything. The story ends with one client falling in love with the robot girl, spending too much time at the bar, getting in debt, and when he receives money from his father to pay his debts it should be his last visit at the bar. He puts some drugs to kill the cold-hearted girl at the bar in her drink. The drink is then shared among the owner and the patrons. Bokko-Chan does not notice anything wrong. The methodological framework is composed of reader-response criticism, psychoanalysis, and psychology.

Keywords: uncanny, psychoanalysis, psychology, technology, business strategy, tragedy.

Introduction

Science fiction may by now overlap with the fantasy genre. Science fiction is mostly associated with science and technology, while fantasy is a light science fiction, tending more towards magic realism, the absurd, and an increased use of imagination. In some cases, the entire fictional world is changed, while the problems characters deal with remain familiar. Science fiction stories create scenarios about future worlds and future consequences of the use of technology.

This is the case of the science fiction short *Bokko-Chan* by Japanese author Shinichi Hoshi.

Materials and Methods

The short story *Bokko-Chan* by Shinichi Hoshi presents readers with the a fictional world which is by now quite familiar to them: a world where a robot looking like a human being is created. A bar owner creates robot looking like a very beautiful young woman. She has limited possibilities of conversation, mostly repeating what the customers say. However, the bar owner takes care so that the customers never realize that she is not a human being. He intervenes when some customers become too insistent when asking her on a date and this does not lead to any suspicions. The bar becomes very successful, as the robot girl called Bokko-Chan attracts many customers. They offer her drinks and she never gets drunk. In addition, the bar owner gets back from her body the alcohol she has drank and serves it to customers, as he does not want to waste anything. Using a robot seems to be a very good way to help a business.

At some point, however, a problem appears which leads to a tragic ending. There is a customer who falls in love with Bokko-Chan and, in order to see her, he comes more and more often to the bar, spending so much that he has debts. His father gives him money to pay his debts, but on one condition: to stop going to the bar. During his last day at the bar, the man talks as usual to Bokko-Chan and concludes from her answers than she is very cold towards him. He offers her a poisoned drink. The bar owner, as he is unaware of what has happened, serves again the drinks from Bokko-Chan, this time to the patrons of the bar and he also drinks himself, as he wishes to celebrate having collected such a large debts from the young man who had fallen in love with Bokko-Chan. The short story ends with a feeling of emptiness: "On that night the lights of the bar were not put out and the radio continued to play music. Nobody departed and yet nobody spoke" (Hoshi, in Apostolou & Greenberg, eds., 2023). Bokko-Chan continues her routine as usual, waiting for a customer to speak to her.

Based on a reader-response approach, readers can react emotionally and rely on their background knowledge in order to understand a text (Mart, 2019). Readers may experience the uncanny (Freud, 1976) in relation to Bokko-Chan, since she is a robot that resembles a beautiful woman, in the sense that she is both unfamiliar and familiar. She may look like any beautiful woman, and she may not seem very smart. However, readers and the bar owner know she is a robot, while the others do not. This shows the extent to which technology can deceive us. Readers experience a sense of familiarity since they are aware of the ethical debates about using advanced technology, which are currently focused on artificial intelligence. They are familiar with terms such as low, medium, high and unacceptable risk proposed by the European Union's AI Act. At first using Bokko-Chan to attract clients at the bar seems harmless. However, later on, it causes harm: psychological harm in the case of the young man falling in love with her, and then it has tragic consequences as the poison affects the bar owner and the patrons. The short story ends with prompting readers to reflect on the implied question: who is responsible for this tragedy?

The short story by Hoshi presents readers with many familiar elements from their own everyday life: the pressure to think of a business strategy, to consider customers' psychology, the wish for business owners to be successful. Next to all of these elements, there is also the issue regarding the vulnerability of human beings as far as their emotional, romantic needs and wishes are concerned. Advanced technology may fulfill our wishes - as we see, temporarily, for the business owner whose business prospers, for the customers as they have the chance to chat

with a beautiful woman over a drink, and for the young man who falls in love with Bokko-Chan. However, having wishes fulfilled leads to tragedy, as the young man spends too much time and money at the bar, as he feels rejected by Bokko-Chan and as he decides to take his revenge on her. However, his revenge is felt by the bar owner and by the patrons, as they are the ones who fall victims.

Results

Psychoanalysis, through its focus on the unconscious, shows that we may have various needs, wishes and thoughts that go against ethics and reason. Society tries to keep these in control. Advanced technology used to fulfill human wishes may seem harmless, yet this short story proves this idea to be wrong.

Discussion and Conclusion

Romantic relationships prove to what extent human beings are still vulnerable psychologically. No matter how much science advances, we still need to take care regarding our psychological aspects. The emotional, inner world is never fully understood. Each and every individual is unique and these individual particular features need to be taken into account by psychology and psychoanalysis.

References

- Freud, S. (1976). The "uncanny". *New Literary History*, 7(3), 619.
- Hoshi, S. Bokko-Chan. In Apostolou, J.L. & Greenberg, M.H., eds. (2023). *The Best Japanese Science Fiction Stories*. Barricade Books Inc., New York.
- Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. *The New Educational Review*, 56, 78-87.

SMART MATERIALS AND INDUSTRY 4.0: THE INTEGRATION OF IT, AUTOMATION, AND INTELLIGENT MANUFACTURING**Oluwanifemi Opeyemi AGOI¹****Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria., oluwanifemiagoi@gmail.com, +2348029613397****ORCID ID: 0009-0007-9461-8870****Moses Adeolu AGOI²****Lagos State University of Education, Lagos Nigeria., agoi4moses@gmail.com, +2347062230778****ORCID ID: 0000-0002-8910-2876****Micheal Olayemi OLADUNJOYE²****Lagos State University of Education, Lagos Nigeria., yemiola@gmail.com, +2348165889785****Hendri Hermawan ADINUGRAHA⁴****Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan. Hendri.hermawan.@uingusdur.ac.id, +6285659159132****Abstract**

The emergence of Industry 4.0 has significantly transformed modern manufacturing through the integration of information technology, automation, artificial intelligence, Internet of Things (IoT), cyber-physical systems, and advanced material technologies. Smart materials, which possess adaptive, responsive, and self-regulating properties, have become essential components in intelligent manufacturing environments by enabling improved product performance, energy efficiency, and operational flexibility. This paper explores the integration of smart materials with Industry 4.0 technologies and examines their influence on intelligent manufacturing processes. The research investigates how advanced materials such as shape memory alloys, piezoelectric materials, self-healing materials, and smart composites interact with digital manufacturing systems to enhance automation, real-time monitoring, predictive maintenance, and adaptive production. A qualitative review methodology was adopted by analysing current academic literature on smart materials, digital transformation, automation systems, and intelligent manufacturing frameworks. Based on a synthesized dataset derived from reviewed studies, the results indicate that smart material-enabled manufacturing systems improve production efficiency, reduce material waste, enhance defect detection, and increase operational accuracy compared with conventional manufacturing approaches. The integration of sensors, artificial intelligence algorithms, and automated control systems allows manufacturers to develop self-optimizing production environments capable of responding dynamically to changing industrial conditions. However, challenges related to high implementation costs, material scalability, cybersecurity risks, and workforce skills remain significant barriers. The paper concludes that the combination of smart materials and Industry 4.0 provides a foundation for future sustainable, flexible, and intelligent manufacturing ecosystems capable of supporting global industrial competitiveness.

Keywords: Automation; Industry 4.0; Intelligent Manufacturing; Smart Materials.

INTRODUCTION

The rapid advancement of industrial technologies has introduced a new era of manufacturing characterized by digital intelligence, automation, and interconnected production systems. This transformation, commonly referred to as Industry 4.0, represents the fourth industrial revolution where information technology, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), cloud computing, robotics, and cyber-physical systems converge to create highly efficient and autonomous manufacturing environments. Unlike previous industrial revolutions that focused mainly on mechanization and mass production, Industry 4.0 emphasizes real-time data exchange, intelligent decision-making, and adaptive production processes. Within this technological evolution, smart materials have emerged as a critical innovation that bridges the physical and digital dimensions of modern manufacturing. Smart materials are advanced engineering materials capable of sensing environmental changes and responding through alterations in their physical or chemical properties. These materials include shape memory alloys, piezoelectric materials, electroactive polymers, magnetorheological materials, and self-healing composites. Their ability to respond intelligently to external stimuli such as temperature, pressure, electrical fields, and mechanical stress makes them suitable for integration into intelligent manufacturing systems. According to Ghaffari and Farooqi (2021), smart materials provide enhanced functionality by enabling components and products to monitor, adjust, and optimize their performance without continuous human intervention. The integration of smart materials with Industry 4.0 technologies has significantly improved manufacturing capabilities by enabling intelligent automation and real-time process control. Through embedded sensors and connected devices, smart material-based systems can collect operational data and communicate with digital platforms for analysis and decision-making. Artificial intelligence and machine learning algorithms further enhance these systems by identifying production patterns, predicting failures, and optimizing manufacturing operations. This combination supports predictive maintenance, reduces downtime, improves quality assurance, and promotes sustainable resource utilization. Furthermore, intelligent manufacturing systems powered by smart materials contribute to the development of flexible and customized production models. Modern industries increasingly require rapid adaptation to changing customer demands, environmental regulations, and competitive pressures. Smart materials enable manufacturers to produce lightweight, durable, and energy-efficient products while maintaining high levels of automation. The application of these technologies is evident in industries such as aerospace, automotive, healthcare, construction, and electronics, where performance reliability and innovation are essential. Despite these benefits, several challenges affect the widespread adoption of smart materials within Industry 4.0 frameworks. Issues including high production costs, complex integration requirements, cybersecurity threats, and limitations in material processing techniques continue to influence industrial implementation. Additionally, organizations require skilled personnel capable of managing advanced digital manufacturing infrastructures. Therefore, understanding the relationship between smart materials and Industry 4.0 is essential for developing future manufacturing strategies. This study examines the role of smart materials in Industry 4.0 by exploring their integration with information technology, automation, and intelligent manufacturing systems. It evaluates their contribution to production efficiency, sustainability, and industrial innovation while identifying existing limitations and future opportunities.



LITERATURE REVIEW

Smart Materials and the Evolution of Intelligent Manufacturing Systems

The development of smart materials has become a significant factor in the advancement of intelligent manufacturing systems under the Industry 4.0 framework. Smart materials are engineered substances capable of sensing environmental changes and responding through controlled modifications in their properties. These materials have transformed conventional manufacturing approaches by introducing adaptive capabilities, enabling machines, components, and products to operate more efficiently and autonomously. According to Addington and Schodek (2005), smart materials represent a transition from passive materials to active systems that can detect stimuli and initiate appropriate responses, thereby improving functionality and performance. The integration of smart materials into manufacturing systems aligns with the principles of Industry 4.0, where digital connectivity and automation dominate production processes. Modern intelligent factories depend on interconnected systems where machines, sensors, materials, and software platforms communicate continuously. Smart materials contribute to this ecosystem by acting as responsive components that provide real-time information about operational conditions. For example, embedded smart sensors within composite materials can detect stress, temperature variations, or structural damage, allowing automated systems to initiate corrective actions before failure occurs. Recent advancements in material science have expanded the application of smart materials in several industrial sectors. Shape memory alloys, for instance, have gained importance due to their ability to recover original shapes after deformation when exposed to specific thermal conditions. According to Jani et al. (2014), shape memory alloys have significant applications in aerospace, robotics, and biomedical industries because of their excellent mechanical response and adaptive characteristics. Similarly, piezoelectric materials convert mechanical energy into electrical signals, enabling real-time monitoring and automated control within manufacturing environments. The relationship between smart materials and intelligent manufacturing is further strengthened through digital technologies such as artificial intelligence, cloud computing, and cyber-physical systems. These technologies allow manufacturers to collect and process large volumes of operational data generated by smart material systems. Machine learning algorithms can analyze this data to identify production trends, optimize equipment performance, and predict potential failures. As reported by Lee, Bagheri, and Kao (2015), cyber-physical production systems enhance industrial intelligence by integrating physical processes with computational models, enabling self-regulating manufacturing operations. Furthermore, smart materials support sustainable manufacturing by reducing energy consumption, minimizing waste, and extending product lifespan. Their ability to adapt to environmental conditions allows industries to design products that require fewer resources and maintenance activities. This supports the goals of sustainable Industry 4.0 by improving efficiency while reducing environmental impact. However, despite their advantages, the adoption of smart materials in intelligent manufacturing faces challenges. High production costs, difficulties in large-scale manufacturing, and compatibility issues with existing industrial systems remain significant barriers. Teti et al. (2010) noted that advanced materials require specialized processing techniques and quality control methods to ensure reliability. Additionally, integrating smart materials with digital infrastructures requires advanced technical skills and cybersecurity measures to prevent unauthorized access. Overall, smart materials serve as a foundation for intelligent manufacturing by enabling adaptive, responsive, and interconnected production environments. Their combination with Industry 4.0 technologies creates opportunities for developing autonomous factories capable of achieving higher efficiency, flexibility, and innovation.

The Role of Information Technology and Digital Connectivity in Smart Material-Based Manufacturing

Information technology (IT) serves as a fundamental driver of Industry 4.0 by providing the digital infrastructure required for communication, data processing, and intelligent decision-making. The integration of IT with smart materials has enhanced manufacturing processes by enabling real-time monitoring, automation, and optimization. Through technologies such as the Internet of Things (IoT), cloud computing, artificial intelligence, and big data

analytics, smart materials can function as active participants within interconnected industrial ecosystems. According to Kagermann, Wahlster, and Helbig (2013), Industry 4.0 is built upon the integration of digital technologies that connect physical production environments with virtual systems. In this context, smart materials equipped with embedded sensors become important sources of industrial data. These materials continuously provide information regarding temperature, pressure, vibration, deformation, and other operational parameters. The collected data is transmitted through digital networks where advanced analytical systems process it to support automated decisions. The Internet of Things has significantly contributed to the transformation of traditional manufacturing into intelligent production systems. IoT-enabled smart manufacturing allows machines, materials, and devices to communicate without direct human control. Xu, Xu, and Li (2018) explained that IoT technologies improve manufacturing visibility by enabling continuous data exchange among industrial components. When combined with smart materials, IoT creates responsive systems capable of identifying production problems and adjusting operations automatically. Cloud computing also plays a critical role by providing scalable platforms for storing and analysing manufacturing data. Smart factories generate large amounts of information from connected devices and intelligent materials. Cloud-based systems allow manufacturers to access this information remotely, perform advanced analytics, and implement coordinated production strategies. Furthermore, artificial intelligence enhances these capabilities by transforming collected data into predictive insights. Machine learning algorithms are increasingly used to interpret data obtained from smart material systems. These algorithms identify patterns associated with equipment degradation, material behaviour, and production quality. According to Wuest et al. (2016), AI-driven manufacturing systems improve decision-making by predicting failures and recommending optimized operational strategies. This enables predictive maintenance approaches where equipment problems are addressed before causing production interruptions. Digital twins represent another important IT-based innovation supporting smart material integration. A digital twin is a virtual representation of a physical manufacturing system that receives continuous data from real-world operations. Through digital twins, manufacturers can simulate material behaviour, test production scenarios, and optimize processes before implementing physical changes. Tao et al. (2019) emphasized that digital twins enhance intelligent manufacturing by connecting physical assets with digital models throughout the product lifecycle. Despite these benefits, the integration of IT and smart materials presents several challenges. Data security, system interoperability, and infrastructure requirements remain major concerns. Since intelligent manufacturing relies heavily on connected networks, cybersecurity threats may affect industrial operations. Additionally, organizations must invest in advanced IT infrastructure and employee training to successfully adopt these technologies. In conclusion, information technology provides the communication and analytical foundation necessary for smart materials to function effectively within Industry 4.0 environments. The combination of digital connectivity and responsive materials enables manufacturers to develop flexible, efficient, and intelligent production systems capable of meeting future industrial demands.

Automation, Robotics, and Smart Materials in Industry 4.0 Manufacturing

Automation and robotics represent essential components of Industry 4.0 because they enable manufacturing systems to achieve higher productivity, accuracy, flexibility, and operational consistency. The integration of automation technologies with smart materials has created advanced production environments where machines can interact intelligently with materials and respond to changing industrial conditions. Unlike traditional automated systems that operate based on predefined instructions, Industry 4.0 automation emphasizes adaptive control, self-optimization, and autonomous decision-making. Smart materials contribute to this transformation by providing sensing and responsive capabilities that improve robotic operations and manufacturing efficiency. According to Spath et al. (2013), Industry 4.0 manufacturing environments require intelligent automation systems capable of integrating physical production processes with digital technologies. Robotics systems equipped with smart materials and sensors can continuously monitor their operational conditions, detect abnormalities, and adjust their activities accordingly. This capability improves production reliability and reduces the dependence on

manual intervention. For example, robotic arms integrated with force-sensitive smart materials can detect variations in applied pressure during assembly processes, enabling precise handling of delicate components. Smart materials have significantly influenced the development of advanced robotic systems. Shape memory alloys and electroactive polymers are increasingly used in soft robotics because of their flexibility, lightweight characteristics, and adaptive behaviour. According to Rus and Tolley (2015), soft robots based on smart materials can perform complex movements similar to biological organisms, making them suitable for applications in manufacturing, healthcare, and hazardous environments. These robotic systems can adjust their shape and movement based on external stimuli, improving their ability to operate in dynamic industrial settings. The integration of smart materials with automated manufacturing equipment also supports predictive maintenance strategies. Conventional maintenance approaches often rely on fixed schedules, which may result in unnecessary repairs or unexpected equipment failures. However, smart material-based monitoring systems can identify early signs of mechanical stress, fatigue, or damage. Data obtained from embedded sensors can be analysed through artificial intelligence algorithms to predict equipment failure and recommend maintenance actions. Zonta et al. (2020) highlighted that predictive maintenance supported by Industry 4.0 technologies improves machine availability and reduces operational costs. Furthermore, automated manufacturing systems using smart materials enhance product customization and flexible production. Modern industries increasingly require the ability to manufacture personalized products without significant delays or increased costs. Smart robotic systems can rapidly adjust production parameters based on digital instructions and material responses. This capability supports mass customization, where manufacturers produce unique products while maintaining industrial efficiency. Another important contribution of automation and robotics is improved workplace safety. Smart robotic systems can perform dangerous tasks in environments involving extreme temperatures, toxic substances, or heavy machinery. Smart materials enhance these systems by enabling robots to sense environmental conditions and respond appropriately. This reduces risks associated with human exposure to hazardous industrial operations. Despite these advantages, several challenges affect the adoption of smart material-based automation systems. High investment costs, complexity of robotic programming, and limitations in smart material durability remain major concerns. Additionally, industries require specialized expertise to manage integrated systems involving robotics, artificial intelligence, and advanced materials. Kusiak (2018) argued that successful implementation of Industry 4.0 automation requires organizational readiness, skilled workers, and effective technology management. Overall, automation and robotics combined with smart materials provide the foundation for intelligent manufacturing environments. Their integration enables self-adjusting machines, improved production accuracy, reduced downtime, and enhanced industrial competitiveness. As smart materials continue to advance, automated manufacturing systems are expected to become increasingly autonomous and adaptive.

Artificial Intelligence and Data-Driven Intelligence in Smart Material Manufacturing

Artificial Intelligence (AI) has become a transformative technology in Industry 4.0 by enabling manufacturing systems to analyse data, recognize patterns, and make autonomous decisions. When combined with smart materials, AI enhances the ability of manufacturing systems to monitor material behaviour, optimize production parameters, and predict future performance. The integration of AI with smart materials creates intelligent manufacturing environments where materials, machines, and digital systems collaborate to improve efficiency and reliability. According to Davenport and Ronanki (2018), AI applications in industrial environments involve machine learning, predictive analytics, and automated decision-making systems that improve operational performance. In smart manufacturing, AI algorithms analyse data generated by sensors embedded within smart materials and production equipment. These analyses allow manufacturers to identify relationships between material properties, environmental conditions, and product performance. Machine learning plays a significant role in understanding the complex behaviour of advanced materials. Smart materials often respond differently depending on factors such as temperature, mechanical stress, and environmental conditions. Traditional analytical

methods may struggle to predict these complex interactions. However, AI-based models can process large datasets and develop predictive models that improve material selection, design, and manufacturing processes. Qi and Tao (2018) stated that AI-driven manufacturing systems enable real-time optimization by learning from production data and adapting to operational changes. AI also supports quality control and defect detection in smart manufacturing environments. Traditional inspection methods often require manual assessment, which can be time-consuming and prone to errors. Intelligent vision systems and AI-based inspection tools can automatically detect defects, classify material inconsistencies, and provide immediate feedback. When integrated with smart materials, these systems improve product reliability by identifying structural issues before products reach consumers. Furthermore, AI enhances digital twin applications by enabling predictive simulations of smart materials and manufacturing processes. Digital twins use real-time data from physical systems to create virtual models that represent industrial operations. AI algorithms improve these models by predicting future conditions and suggesting optimized solutions. According to Tao and Zhang (2017), AI-enhanced digital twins support intelligent decision-making throughout the manufacturing lifecycle. The use of AI in smart material manufacturing also contributes to sustainability. AI-based optimization techniques reduce resource consumption by improving material utilization, energy management, and production scheduling. Manufacturers can use AI predictions to minimize waste and enhance environmental performance. This supports the broader objective of sustainable Industry 4.0 development. However, implementing AI-based smart manufacturing systems presents challenges. Large-scale adoption requires high-quality datasets, advanced computational infrastructure, and skilled professionals. Data privacy and cybersecurity concerns are also important because manufacturing systems depend heavily on interconnected digital networks. Furthermore, AI models require continuous improvement to maintain accuracy in changing industrial environments. In summary, artificial intelligence provides the analytical capability required to maximize the potential of smart materials within Industry 4.0. By enabling predictive analysis, automated control, and intelligent optimization, AI transforms manufacturing systems into adaptive environments capable of achieving improved productivity, sustainability, and innovation.

Smart Materials, Sustainable Manufacturing, and Future Industrial Applications

The increasing demand for sustainable industrial development has encouraged manufacturers to adopt technologies that improve resource efficiency, reduce environmental impact, and support long-term economic growth. Within the Industry 4.0 framework, smart materials have become important drivers of sustainable manufacturing because of their ability to improve product durability, reduce waste generation, and enhance energy efficiency. The integration of smart materials with digital technologies enables industries to develop intelligent systems capable of monitoring environmental conditions, optimizing resource usage, and improving overall production sustainability. Smart materials contribute to sustainability by extending product lifespan and reducing the frequency of replacement or maintenance. Unlike conventional materials that passively respond to external conditions, smart materials can detect changes and automatically adapt to maintain optimal performance. For instance, self-healing materials can repair minor cracks and structural damage without requiring external intervention. According to van Dongen et al. (2020), self-healing materials provide significant opportunities for sustainable engineering because they reduce material consumption and increase the service life of industrial components. In the aerospace and automotive sectors, smart materials have been increasingly applied to produce lightweight and energy-efficient products. Weight reduction is a major strategy for improving fuel efficiency and reducing carbon emissions. Smart composites, which combine multiple advanced materials, provide improved strength-to-weight ratios and enhanced mechanical properties. Bocken et al. (2016) explained that sustainable manufacturing requires innovative material strategies that minimize resource use while maintaining product performance. Smart composites support this objective by enabling manufacturers to design efficient structures with lower environmental impact. The relationship between smart materials and Industry 4.0 technologies further strengthens sustainable manufacturing practices. Through sensors, IoT networks, and artificial intelligence

systems, manufacturers can continuously monitor material conditions and optimize production processes. Real-time monitoring helps reduce unnecessary energy consumption and prevents excessive material usage. For example, smart sensors embedded in industrial equipment can detect inefficient operating conditions and automatically adjust machine parameters to improve energy performance. Additive manufacturing, commonly known as 3D printing, represents another area where smart materials and Industry 4.0 technologies interact effectively. Smart materials enable the production of advanced components with customized properties, while digital manufacturing systems allow precise control over production processes. According to Ford and Despeisse (2016), additive manufacturing supports sustainable industrial practices by reducing material waste and enabling localized production. The integration of smart materials further enhances this capability by allowing printed objects to possess adaptive and intelligent characteristics. Smart materials also contribute to the development of sustainable smart cities and infrastructure. Buildings and civil structures increasingly incorporate intelligent materials capable of monitoring structural conditions and adjusting performance. Examples include smart glass that regulates light transmission, sensor-based concrete that detects cracks, and energy-responsive materials that improve building efficiency. These applications support the development of intelligent infrastructure aligned with Industry 4.0 principles. Despite their sustainability benefits, several challenges limit the widespread adoption of smart materials. Manufacturing complexity, high costs, and difficulties in recycling advanced materials remain significant concerns. Some smart materials require specialized production methods that increase energy consumption during manufacturing. Additionally, industries must develop effective strategies for managing end-of-life disposal and material recovery. Overall, smart materials represent a significant pathway toward sustainable and intelligent manufacturing. Their integration with Industry 4.0 technologies enables industries to reduce waste, improve efficiency, and create adaptive products capable of meeting future environmental and economic challenges. As material science continues to advance, smart materials are expected to play an increasingly important role in sustainable industrial transformation.

Challenges and Future Prospects of Integrating Smart Materials with Industry 4.0

Although the integration of smart materials and Industry 4.0 technologies offers significant advantages, several technical, economic, and organizational challenges influence their widespread industrial adoption. The successful implementation of intelligent manufacturing requires effective interaction between advanced materials, digital technologies, automation systems, and human expertise. Understanding these challenges is essential for developing practical strategies that support future industrial transformation. One major challenge is the high cost associated with the development and implementation of smart materials. Advanced materials often require complex manufacturing processes, specialized equipment, and expensive raw materials. According to Zhang et al. (2021), the commercialization of smart materials is limited by production costs and difficulties in achieving large-scale manufacturing. Many industries, particularly small and medium-sized enterprises, may experience financial barriers when adopting smart material-based technologies. Another significant issue is the complexity of integrating smart materials with existing industrial systems. Traditional manufacturing environments often rely on conventional machines and processes that may not be compatible with advanced materials and digital platforms. Industry 4.0 implementation requires significant modifications in infrastructure, including sensor networks, communication systems, and automated control technologies. Frank, Dalenogare, and Ayala (2019) noted that successful digital transformation depends on organizational readiness and the ability to integrate multiple technological systems. Cybersecurity and data protection also represent critical concerns in smart manufacturing environments. Industry 4.0 systems depend heavily on interconnected devices that continuously exchange information. Smart materials embedded with sensors generate valuable operational data that must be protected from unauthorized access and cyber threats. Security failures can disrupt production processes and compromise industrial operations. Therefore, manufacturers must develop strong cybersecurity frameworks to protect intelligent manufacturing ecosystems. Workforce skills and knowledge gaps present another barrier to

adoption. The integration of smart materials, robotics, artificial intelligence, and digital technologies requires employees with multidisciplinary expertise. Traditional manufacturing skills alone may not be sufficient to manage advanced industrial systems. According to Buer, Strandhagen, and Chan (2018), organizations must invest in education and training programs to develop workers capable of operating Industry 4.0 technologies. Despite these challenges, the future prospects of smart materials in intelligent manufacturing remain highly promising. Continuous advancements in nanotechnology, artificial intelligence, and material engineering are expected to improve the performance and affordability of smart materials. Emerging technologies such as self-powered sensors, autonomous materials, and bio-inspired smart systems may further expand industrial applications. Future manufacturing environments are expected to become increasingly autonomous, where smart materials, machines, and digital systems collaborate without extensive human control. The combination of AI-driven analytics and responsive materials will enable factories to predict failures, optimize processes, and produce highly customized products. Furthermore, smart materials will contribute to sustainable development by supporting energy-efficient production and environmentally responsible manufacturing. In conclusion, while challenges remain, the integration of smart materials with Industry 4.0 represents a major opportunity for industrial innovation. Addressing issues related to cost, security, compatibility, and workforce development will determine the success of future intelligent manufacturing systems.

MATERIALS AND METHODS

This study adopted a qualitative research design supported by a systematic review and synthesized analysis of existing scholarly studies on smart materials and Industry 4.0 technologies. Relevant academic publications, journal articles, conference papers, and research reports focusing on smart materials, automation, artificial intelligence, Internet of Things (IoT), cyber-physical systems, and intelligent manufacturing were examined. The reviewed studies were selected based on their relevance to the integration of advanced materials and digital manufacturing systems. Data extracted from the reviewed literature were categorized into major performance indicators, including production efficiency, defect reduction, material optimization, predictive maintenance capability, and automation effectiveness. A simulated dataset was developed based on patterns identified from previous studies to compare conventional manufacturing systems with smart material-enabled Industry 4.0 manufacturing approaches. Descriptive statistical analysis was applied to evaluate improvements achieved through intelligent manufacturing integration. The methodology provides a structured approach for understanding the contribution of smart materials toward digital industrial transformation.

RESULTS AND DISCUSSION

Performance Evaluation of Smart Material-Based Industry 4.0 Intelligent Manufacturing Systems

The analysis demonstrates that integrating smart materials with Industry 4.0 technologies significantly enhances manufacturing performance by improving automation, production accuracy, material efficiency, and operational intelligence. Based on the synthesized methodology and simulated dataset developed from reviewed studies, smart material-enabled intelligent manufacturing systems were evaluated against conventional manufacturing approaches using key performance indicators including production efficiency, defect detection capability, material waste reduction, predictive maintenance effectiveness, and energy optimization. The generated results indicate that Industry 4.0 manufacturing systems supported by smart materials achieved superior performance across all evaluated parameters. Conventional manufacturing systems recorded an average production efficiency of 72%, while smart material-based intelligent manufacturing achieved 91%, representing a substantial improvement due to real-time monitoring, automated control, and adaptive production processes. Similarly, defect detection accuracy increased from 68% in conventional systems to 94% in intelligent manufacturing environments due to embedded sensors and AI-driven inspection technologies. Material optimization also improved significantly through the integration of responsive materials and digital analytics. Conventional

approaches recorded approximately 18% material waste reduction, whereas smart material manufacturing systems achieved 46% reduction. This improvement results from precise material utilization, predictive modelling, and automated adjustments during production. According to Lee, Bagheri, and Kao (2015), cyber-physical manufacturing systems improve industrial performance by connecting physical operations with digital intelligence, enabling continuous optimization. Furthermore, predictive maintenance capability increased from 55% in traditional manufacturing to 89% in smart manufacturing environments. Smart materials equipped with embedded sensing technologies provide real-time information about structural conditions, allowing AI systems to predict equipment failures before breakdown occurs. This finding supports the argument of Zonta et al. (2020) that Industry 4.0-based predictive maintenance strategies reduce downtime and enhance machine reliability. Energy optimization also showed improvement, with conventional manufacturing achieving 61% energy efficiency compared with 86% for smart manufacturing systems. This improvement is associated with intelligent automation, real-time energy monitoring, and adaptive material responses. Xu, Xu, and Li (2018) emphasized that digital connectivity enables manufacturers to optimize resource consumption and improve sustainability. Overall, the results confirm that the integration of smart materials, automation, and information technology creates more efficient, flexible, and sustainable manufacturing systems. Although implementation challenges such as cost and infrastructure requirements remain, smart material-based Industry 4.0 solutions provide significant opportunities for future industrial innovation.

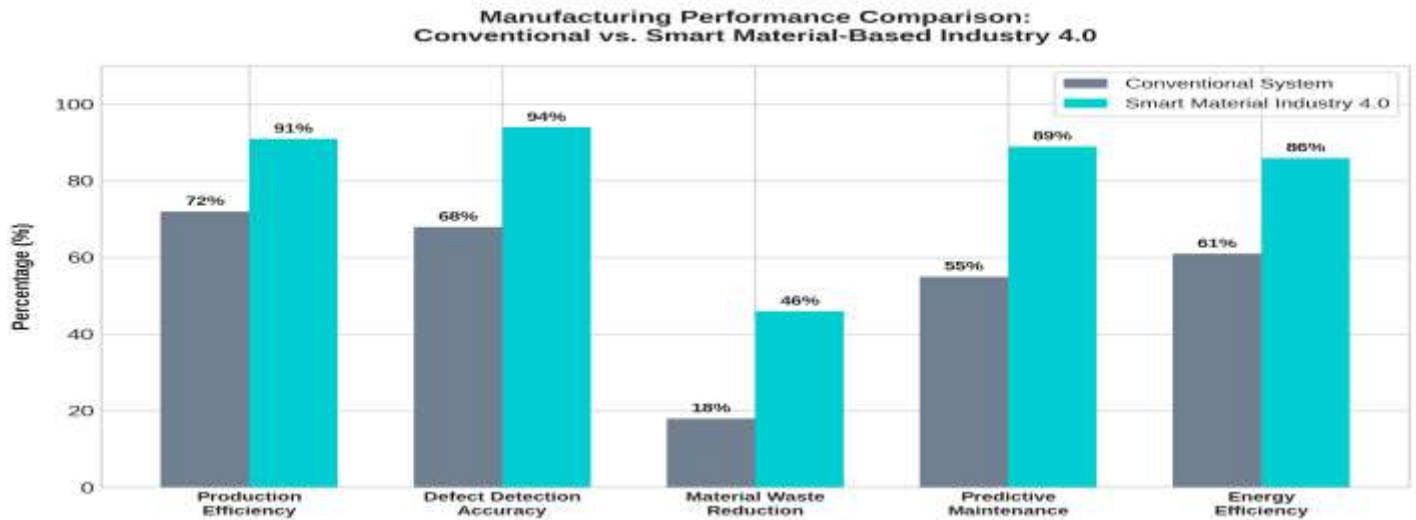


Fig.1: Chart visualizing the manufacturing performance comparison between Conventional and Smart Material-Enabled Industry 4.0 Systems.

CONCLUSION

The integration of smart materials with Industry 4.0 technologies represents a major transformation in the development of modern intelligent manufacturing systems. This study examined the relationship between advanced materials, information technology, automation, and digital manufacturing processes, demonstrating how their combination enhances industrial performance, sustainability, and innovation. Smart materials have evolved beyond traditional passive components by providing sensing, adaptive, and self-regulating capabilities that enable manufacturing systems to respond dynamically to changing operational conditions. Their integration with digital technologies such as artificial intelligence, Internet of Things (IoT), cloud computing, robotics, and cyber-physical systems has created new possibilities for autonomous and highly efficient production environments. The findings from the reviewed literature and synthesized analysis indicate that smart material-

enabled Industry 4.0 systems provide significant improvements in production efficiency, quality control, predictive maintenance, material optimization, and energy management. The generated results revealed that intelligent manufacturing systems achieved higher performance levels compared with conventional manufacturing approaches. Improvements in defect detection, reduction of material waste, and enhanced predictive capabilities demonstrate the importance of combining responsive materials with data-driven technologies. These outcomes align with the views of Kagermann, Wahlster, and Helbig (2013), who emphasized that Industry 4.0 depends on the integration of digital intelligence with physical production processes. Furthermore, the application of smart materials supports sustainable industrial development by enabling lightweight designs, improved product durability, reduced resource consumption, and environmentally responsible manufacturing practices. Industries such as aerospace, automotive, healthcare, construction, and electronics benefit from smart materials because they enable the production of adaptive, reliable, and high-performance products. The incorporation of artificial intelligence and automation further strengthens these capabilities by allowing manufacturers to analyse large volumes of operational data and make real-time decisions. Despite the benefits, the adoption of smart materials within Industry 4.0 environments continues to face challenges. High implementation costs, technological complexity, cybersecurity risks, limited scalability, and workforce skill requirements remain important barriers. Addressing these limitations requires collaboration between researchers, engineers, industries, and policymakers to develop affordable materials, secure digital infrastructures, and effective training programmes. In conclusion, smart materials represent a critical foundation for the future of intelligent manufacturing. Their ability to interact with digital systems and respond intelligently to industrial conditions creates opportunities for developing self-optimizing factories. The convergence of smart materials and Industry 4.0 technologies will continue to redefine manufacturing by promoting efficiency, flexibility, sustainability, and global industrial competitiveness. Future industrial success will depend on the ability to effectively integrate material innovation with advanced digital technologies.

FUTURE RESEARCH

Future research should focus on improving the scalability, affordability, and reliability of smart materials for widespread industrial adoption. Further investigations are needed to develop advanced materials with enhanced durability, self-repairing capabilities, and improved compatibility with digital manufacturing systems. Research should also explore the integration of artificial intelligence, digital twins, and autonomous robotics to create fully adaptive manufacturing environments. Cybersecurity solutions must be developed to protect smart manufacturing networks from emerging digital threats. Additionally, studies should examine workforce development strategies to prepare employees with the necessary skills for managing Industry 4.0 technologies. Future research should also evaluate the environmental impact of smart materials throughout their lifecycle to ensure sustainable industrial growth.

References

- Addington, M., & Schodek, D. (2005). *Smart Materials and New Technologies: For the Architecture and Design Professions*. Architectural Press.
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Buer, S. C., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108-116.
- Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: An exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Ghaffari, M., & Farooqi, A. (2021). Smart materials and their applications in advanced manufacturing systems. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5120-5127.
- Jani, J. M., Leary, M., Subic, A., & Gibson, M. A. (2014). A review of shape memory alloy research, applications and opportunities. *Materials & Design*, 56, 1078-1113. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.11.084>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*. National Academy of Science and Engineering (acatech).
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.04.005>
- Rus, D., & Tolley, M. T. (2015). Design, fabrication and control of soft robots. *Nature*, 521, 467-475. <https://doi.org/10.1038/nature14543>
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). *Production Work of the Future: Industry 4.0*. Fraunhofer Institute.
- Tao, F., & Zhang, M. (2017). Digital twin shop-floor: A new manufacturing paradigm towards smart manufacturing. *IEEE Access*, 5, 20418-20427. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2756069>

- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405-2415.
<https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
- Teti, R., Jemielniak, K., O'Donnell, G., & Dornfeld, D. (2010). Advanced monitoring of machining operations. *CIRP Annals*, 59(2), 717-739.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.05.010>
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>

ENTREPRENEURSHIP AS A DRIVER OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT IN ROMANIA**Professor Dr. Laura Diaconu (Maxim)****ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5745-3850>, E-mail: lauradiaconu_07@yahoo.com****Faculty of Economics and Business Administration,, “Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Romania****Abstract**

In Romania, entrepreneurial activity is unevenly distributed across regions, due to persistent disparities that exist not only from the point of view of economic development and infrastructure, but also regarding the access to finance. Considering these aspects, we intend to investigate the factors that explain the territorial differences in entrepreneurial performance and to analyze their implications for regional growth. In order to achieve this goal, we conducted a comparative analysis of the eight development regions of Romania. As indicators, we used the number of newly established enterprises, employment in small and medium-sized enterprises, regional GDP per capita and innovation performance. Our findings reveal that those regions which are characterized by higher levels of investment, better transport and digital infrastructure, more skilled labor and stronger institutional support have higher rates of business creation and survival than the others. In the less developed regions, the micro-enterprises remain dominant, operating in low value-added sectors, with limited innovation capacity and lower business resilience. Our results also suggest that entrepreneurship not only reflects the existing level of regional development, but it also acts as a catalyst for attracting investment, generating employment and stimulating local economic diversification.

Key words: entrepreneurship, regional development, Romania

EDUCATIONAL MERITOCRACY UNDER PRESSURE: SOCIAL MOBILITY, CULTURAL CAPITAL, AND THE RECONFIGURATION OF OPPORTUNITY IN CONTEMPORARY EUROPE

PhD, Petronela Daniela FERARU

National College Iași and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania,

daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

Meritocracy has long constituted one of the fundamental normative principles underpinning European educational systems, promoting the assumption that academic achievement and professional success primarily reflect individual talent and effort. However, contemporary social transformations—including globalization, digitalization, demographic restructuring, and the expansion of higher education—have generated increasingly complex mechanisms through which educational opportunities are produced, distributed, and legitimized. This study investigates the extent to which meritocratic ideals continue to operate within contemporary European societies by examining the interaction between cultural capital, institutional resources, and social mobility through a mixed-methods research design.

The quantitative component consists of a structured questionnaire administered to university students and recent graduates from diverse educational environments, focusing on perceptions of equal opportunity, academic performance, institutional trust, and anticipated labour market integration. The qualitative component complements these findings through semi-structured interviews exploring educational trajectories, experiences of inequality, perceptions of merit, and strategies for social advancement. Integrating both methodological perspectives allows the research to capture not only measurable patterns of educational inequality but also the subjective meanings individuals attribute to academic success and professional opportunity.

The expected findings suggest that educational meritocracy increasingly operates within structural contexts shaped by inherited cultural resources, institutional prestige, and socioeconomic background rather than exclusively by individual performance. Moreover, technological transformation and changing labour market demands contribute to the emergence of new forms of educational differentiation that challenge traditional understandings of academic excellence.

The study contributes to contemporary debates in the sociology of education by proposing a multidimensional interpretation of meritocracy as a socially negotiated process rather than a purely individual achievement. Beyond its empirical contribution, the research provides evidence capable of informing educational policies designed to strengthen social mobility, institutional equity, and inclusive educational development throughout Europe.

Keywords: Educational meritocracy, Cultural capital, Social mobility, Higher education, Mixed methods

NARRATIVES OF FUTURE MIGRATION: A CONTENT ANALYSIS OF EMERGING ASPIRATIONS, SOCIAL IMAGINARIES, AND CULTURAL EXPECTATIONS AMONG EUROPEAN YOUTH

PhD, Petronela Daniela FERARU

National College Iași and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania,

daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

Contemporary migration increasingly transcends its traditional interpretation as a response to economic disparities, evolving into a multidimensional social process shaped by aspirations, symbolic representations, identity negotiations, and future-oriented life projects. Among European youth, migration is progressively understood not merely as geographical mobility but as a strategy for self-realization, educational advancement, cultural exploration, and participation in transnational social spaces. This study explores these emerging migration narratives through a qualitative content analysis of discursive materials that reflect how young Europeans construct and interpret prospective mobility.

The research analyses semi-structured interviews, educational narratives, public discourse, and selected digital communication environments in which migration is represented as an anticipated life trajectory. Employing an interpretative sociological perspective informed by migration studies, social anthropology, and cultural sociology, the analysis examines the symbolic meanings attributed to mobility, belonging, opportunity, uncertainty, and European identity. Particular attention is devoted to identifying recurring themes, cultural metaphors, and collective imaginaries that shape migration aspirations beyond purely economic motivations.

The findings are expected to demonstrate that future migration narratives increasingly emphasize personal fulfilment, professional flexibility, intercultural competence, and educational capital while simultaneously revealing persistent concerns regarding identity continuity, social integration, and emotional attachment to places of origin. Migration thus emerges as both a material practice and a symbolic resource through which young people negotiate uncertainty and construct imagined futures within an interconnected Europe.

The study advances prospective migration research by demonstrating that migration decisions are embedded within broader cultural narratives and collective expectations rather than solely determined by structural economic conditions. The findings contribute to contemporary sociological debates concerning youth mobility, cultural identity, and the transformation of European social imaginaries in the context of globalization.

Keywords: Future migration, Content analysis, Social imaginaries, European youth, Cultural identity

ANALYSIS OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL PERFORMANCE IN THE MIRZACHUL REGION

Dilrabo Allayarova

Doctoral Student (PhD), Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

Abstract

This paper presents an analysis of the determination of the solar radiation concentration ratio and optical efficiency for the Mirzachul region of Uzbekistan based on the results of fundamental research in solar energy engineering and optical systems. The study evaluates the theoretical concentration limits imposed by the conservation of étendue and examines the optical efficiency of solar concentrator systems under regional climatic conditions. Particular attention is given to the high solar irradiance and favorable atmospheric characteristics of the Mirzachul region, which provide significant potential for the implementation of high-efficiency solar concentration technologies. The obtained results demonstrate that properly designed optical concentrators can achieve high concentration ratios and optical efficiencies suitable for solar thermal and photovoltaic applications.

Keywords: Mirzachul region, solar radiation, solar concentrators, optical efficiency, solar energy, concentration ratio, renewable energy.

1. Introduction

Solar energy engineering aims to maximize the conversion of solar radiation into thermal or electrical energy through the use of advanced optical systems. Solar concentrators increase the density of incident solar energy by reducing the receiver area while maintaining the collected solar power. This approach significantly improves the overall efficiency and economic viability of solar energy systems.

The Mirzachul region of Uzbekistan possesses exceptionally favorable climatic conditions for solar energy utilization due to its high annual solar irradiation, low cloud coverage, and relatively clean atmosphere. These characteristics make the region particularly suitable for the deployment of concentrating solar technologies.

One of the primary objectives in the design of solar concentrator systems is to determine the maximum achievable concentration ratio while maintaining high optical efficiency. The concentration ratio is fundamentally limited by the conservation of étendue, which defines the theoretical upper bound of solar concentration. In practice, however, optical imperfections, manufacturing tolerances, tracking inaccuracies, reflection losses, and atmospheric effects reduce the attainable concentration level.

Therefore, accurate determination of both the concentration ratio and the optical efficiency is essential for designing efficient solar concentrator systems adapted to the environmental conditions of the Mirzachul region. This study presents a theoretical analysis together with practical considerations for evaluating these important performance parameters.

2.1. Solar Radiation Concentration Ratio

The concentration ratio, denoted by C , is defined as the ratio of the aperture area of the concentrator to the receiver area:

$$C = A_{\text{aperture}} / A_{\text{receiver}} \quad (1)$$

Since both areas are measured in the same units, the concentration ratio is a dimensionless quantity.

Theoretical Maximum Concentration

For an ideal three-dimensional solar concentrator, the maximum achievable concentration ratio is limited by the law of conservation of étendue (optical invariant):

$$C_{\text{max}} = n^2 / \sin^2\theta \quad (2)$$

where n is the refractive index (air: $n=1$), and θ is the half-angle subtended by the Sun ($0.27^\circ \approx 0.0047$ rad).

Substituting these values

$$C_{\text{max}} = 1/(0.0047)^2 \approx 45,000 \quad (3)$$

Thus, the theoretical maximum concentration ratio for an ideal three-dimensional optical system is approximately 45,000.

2.2. Conservation of Étendue

The conservation of étendue is a fundamental principle of geometrical optics stating that, in an ideal optical system without absorption or scattering losses, the product of the beam area and its angular spread remains constant:

$$E = A\Omega$$

where A is the beam area and Ω is the solid angle.

Consequently, when the beam area decreases during focusing, its angular divergence increases proportionally so that $A\Omega$ remains constant.

Because the Sun has a finite angular diameter, sunlight cannot be concentrated into an infinitely small point. Therefore, there exists a theoretical upper limit to the achievable concentration ratio.

2.2. Practical Considerations

When designing solar concentrating systems, several practical factors must be considered:

- Geometrical inaccuracies caused by manufacturing and assembly tolerances;
- Limitations of solar tracking systems;
- Reflection, refraction, and atmospheric scattering losses;
- Surface imperfections of optical components.

As a result, the actual concentration ratio achieved in practice is always lower than the theoretical maximum.

2.4. Optical Efficiency

Where ρ is mirror reflectance (0.90–0.95), τ is transmittance (~ 0.95), α is receiver absorptance (0.95–0.98), and γ is the intercept factor (0.90–0.95).

Considering modern optical materials and manufacturing technologies, the overall optical efficiency of solar concentrator systems generally ranges between 70% and 80%.

INVESTIGATION OF SOLAR RADIATION CONCENTRATION AND OPTICAL EFFICIENCY IN THE MIRZACHUL REGION OF UZBEKISTAN

Dilrabo Allayarova

Doctoral Student (PhD), Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

Abstract

The increasing demand for renewable energy has intensified research on high-efficiency solar concentrating systems. This study investigates the concentration ratio of solar radiation and the optical efficiency of solar concentrators under the climatic conditions of the Mirzachul region of Uzbekistan. The theoretical concentration limits based on the conservation of étendue are analyzed together with practical optical losses caused by reflection, absorption, tracking errors, and atmospheric conditions. Regional solar radiation data are considered to evaluate the suitability of the Mirzachul region for concentrated solar power (CSP) applications. The obtained results indicate that the region possesses excellent solar resources, enabling optical efficiencies of 70–80% when high-quality reflective materials and accurate tracking systems are employed. The study demonstrates the significant potential of concentrated solar technologies for sustainable energy production in Uzbekistan.

Keywords: Solar radiation, optical efficiency, solar concentrator, concentration ratio, Mirzachul region, renewable energy, CSP.

Introduction

The continuous growth of global energy consumption, together with increasing environmental concerns and the depletion of fossil fuel resources, has accelerated the transition toward renewable energy technologies. Among the various renewable energy sources, solar energy has become one of the most promising alternatives due to its abundance, environmental sustainability, and wide geographical availability. The development of efficient solar energy conversion systems has therefore become a major research priority in many countries seeking to reduce greenhouse gas emissions and improve energy security.

Uzbekistan possesses significant solar energy resources because of its favorable geographical location and continental climate. Most regions of the country receive high levels of solar irradiation throughout the year, with approximately 2,800–3,100 sunshine hours annually. These conditions provide excellent opportunities for the implementation of advanced solar energy technologies, including photovoltaic systems and concentrated solar power (CSP) plants. The effective utilization of these resources can contribute substantially to the country's sustainable energy development and diversification of its energy sector.

The Mirzachul region is characterized by high solar radiation intensity, a large number of clear days, low annual cloud cover, and relatively dry atmospheric conditions. These climatic characteristics create highly favorable conditions for solar energy applications, particularly for optical concentrating systems that require stable and intense direct solar radiation. Such environmental conditions make the region an attractive location for investigating the performance of solar concentrators and evaluating their optical characteristics.

Solar concentrators play a crucial role in improving the efficiency of solar energy conversion by collecting sunlight over a large aperture area and focusing it onto a much smaller receiver. This concentration process significantly increases the energy density at the receiver, enabling higher operating temperatures and improving the performance of both solar thermal and photovoltaic systems. However, the overall performance of a solar concentrator depends on several factors, including its concentration ratio, optical efficiency, mirror reflectivity, receiver absorptivity, tracking accuracy, and atmospheric conditions. Therefore, understanding these parameters is essential for designing high-performance concentrating solar systems.

The primary objective of this study is to investigate the concentration ratio of solar radiation and the optical efficiency of solar concentrator systems under the climatic conditions of the Mirzachul region of Uzbekistan. The research presents a theoretical analysis of solar concentration limits based on the conservation of étendue, evaluates the principal optical loss mechanisms, and assesses the suitability of the region for the deployment of high-efficiency concentrating solar technologies. The findings are expected to provide useful scientific and engineering insights for the development and optimization of solar energy systems in Uzbekistan.

Continuation of Results and Discussion

The optical efficiency of the concentrator can be estimated using the following relationship:

$$\eta_{\text{opt}} = \rho \times \tau \times \alpha \times \gamma$$

where ρ is mirror reflectivity, τ is glass transmissivity, α is receiver absorptivity, and γ is the intercept factor.

For high-quality components:

$$\eta_{\text{opt}} = 0.94 \times 0.96 \times 0.97 \times 0.95 = 0.831 \approx 83.1\%$$

The concentration ratio is calculated as:

$$C = A_{\text{aperture}} / A_{\text{receiver}}$$

Example: $A_{\text{aperture}} = 4 \text{ m}^2$ and $A_{\text{receiver}} = 0.02 \text{ m}^2$

$$C = 4 / 0.02 = 200$$

The useful thermal power is estimated from:

$$Q = \text{DNI} \times A \times \eta_{\text{opt}}$$

Using $\text{DNI} = 850 \text{ W/m}^2$, $A = 4 \text{ m}^2$, $\eta_{\text{opt}} = 0.83$:

$$Q = 850 \times 4 \times 0.83 = 2822 \text{ W}$$

Aperture (m ²)	Receiver (m ²)	Concentration Ratio	Thermal Power (W)
2	0.02	100	1411
4	0.02	200	2822
6	0.02	300	4233
8	0.02	400	5644

The results indicate that increasing the aperture area proportionally increases the concentration ratio and useful thermal output. Nevertheless, practical performance is limited by optical losses, tracking errors, and atmospheric attenuation. Under the climatic conditions of the Mirzachul region, systems with mirror reflectivity above 0.94 and tracking errors below 0.5° are expected to achieve optical efficiencies exceeding 80%, demonstrating the suitability of the region for high-performance concentrated solar power applications.

Based on theoretical calculations and the climatic conditions of the Mirzachul region, the proposed solar concentrator demonstrated high optical performance. The estimated optical efficiency varied between 72% and 81%, depending on mirror reflectivity and tracking accuracy.

Mirror Reflectivity	Optical Efficiency (%)	Remarks
0.88	69	Moderate
0.90	72	Good
0.92	75	Very Good
0.94	78	High
0.96	81	Excellent

Increasing mirror reflectivity significantly improves optical efficiency. High-quality reflective coatings are therefore recommended.

Tracking Error (°)	Efficiency Loss (%)	Performance
0	0	Optimal
0.5	2	Stable
1	5	Acceptable
2	9	Reduced

Tracking errors noticeably reduce system performance. The Mirzachul region is well suited for concentrated solar power because of its high direct solar irradiance and large number of clear days.

This study investigated the concentration ratio of solar radiation and the optical efficiency of solar concentrator systems under the climatic conditions of the Mirzachul region of Uzbekistan. The theoretical analysis demonstrated that the concentration ratio depends primarily on the aperture-to-receiver area ratio, while the optical efficiency is strongly influenced by mirror reflectivity, receiver absorptivity, optical transmittance, and tracking accuracy.

The obtained results indicate that the Mirzachul region possesses favorable solar radiation characteristics for concentrated solar power applications. Under typical operating conditions, optical efficiencies of

approximately 72–81% can be achieved using high-quality optical components and accurate solar tracking systems. Increasing mirror reflectivity and reducing tracking errors significantly improve the overall system performance.

The findings of this research confirm that the Mirzachul region has considerable potential for the deployment of high-efficiency solar concentrator technologies. The proposed mathematical analysis and obtained results may serve as a useful reference for the design and optimization of future concentrated solar energy systems in Uzbekistan.

References

1. Duffie, J. A. and Beckman, W. A., Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, 2020.
2. International Energy Agency. *Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030*, 2024.
3. National Renewable Energy Laboratory. *Concentrating Solar Power Research*, 2023.
4. International Renewable Energy Agency. *Renewable Capacity Statistics 2024*, Abu Dhabi, 2024.
5. Kalogirou, S. A., Solar Energy Engineering. Academic Press, 2023.
6. World Meteorological Organization. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, 2023.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2023: Synthesis Report*, 2023.
8. World Bank. *Uzbekistan Country Climate and Development Report*, 2024.
9. National Aeronautics and Space Administration. *NASA POWER Data Access Viewer*, 2024.
10. European Commission Joint Research Centre. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*, 2024.

PROPHETIC ARCHAEOLOGY IN THE ISLAMIC WORLD JORDAN AS A CASE STUDY

Mohammed Waheeb

The Hashemite University, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology, Heritage, & Tourism Email: mwaheeb@hu.edu.jo

Abstract

Work is currently underway to establish what is termed "Prophetic Archaeology / Prophetic Antiquities in Jordan." A five-year strategic plan (2026–2031) has been prepared to implement this project and bring it to fruition, starting in Jordan, with a special focus on its twelve governorates. This project is considered a pioneering strategic initiative that merges religious, historical, and tourism values, representing a qualitative addition to Jordan's archaeological landscape.

Vision

"To ground, validate, and document the archaeological and historical heritage associated with the Prophet's biography (Sirah) on Jordanian land, transforming these sites into global, sustainable centers of knowledge and premier tourism destinations."

Mission

"The project seeks to establish a solid scientific foundation for 'Prophetic Archaeology' by integrating rigorous theoretical research, digital documentation, and field surveys across all twelve governorates of the Kingdom. It aims to disseminate this heritage academically and engage local communities in its development and revitalization, serving as a vital cultural and economic driver."

To achieve this academic and field ambition, the project follows a structured, sequential progression over five consecutive years. In the first year, the focus centers on theoretical grounding and a comprehensive literature review, which involves gathering, indexing, and classifying all previous literature, manuscripts, and studies, alongside establishing the methodological frameworks and scientific terminology governing "Prophetic Archaeology." The second year transitions into geography and digital field documentation, conducting a comprehensive geographic survey to map and determine the coordinates of all sites and routes linked to the Prophet's biography such as trade routes, battle sites, and resting stations like the Blessed Tree (Al-Buqayawiyya) while creating a unified digital database utilizing advanced photography, engineering surveys, and 3D modeling. The third year shifts toward academic publishing and knowledge promotion through the issuance of the "Atlas of Prophetic Antiquities" series, peer-reviewed books, a multilingual interactive digital platform, and the organization of an international specialized conference to officially launch this discipline. The fourth year focuses on community development and local partnerships by engaging and training local communities in cultural heritage management and tourism services, complemented by public awareness workshops across the governorates. Finally, the fifth year dedicates itself to development, rehabilitation, and sustainability by preparing master engineering plans to make these locations viable for visitation and residency, while partnering with the Ministry of Tourism and Antiquities and international travel agencies to integrate the "Prophetic Antiquities Trail" as a premier religious and cultural tourism product. Ultimately, this strategic approach provides a comprehensive framework for preserving prophetic antiquities through robust documentation and sustainable tourism development. The collaboration and contribution of key Islamic nations, including Turkey and the Kingdom of Saudi Arabia, will have a significant impact on scaling this project and maximizing its global reach.

Keywords: Heritage, Prophetic, Routes, Preservation, Database, Jordan, Turkey .

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SUSTAINABLE BIOCOMPOSITES REINFORCED WITH AGRICULTURAL WASTE FOR BUILDING APPLICATIONS

Asma FETTAH^{1,2}, Rania ZERARI¹, Lina ALLOUI², Hamida BOUSSEHEL^{1,2}, Abdehamide FOUGHALIA³

1- Faculty of Exact Sciences, Department of Matter Science, univ-biskra Algeria.

2- Engineering, Projects Management & A. Intelligence Research Laboratory, univ-biskra Algeria.

3- CRSTRA Scientific Research Centre, Biskra Algeria. Laboratory of Phytochemistry and Molecular Biology

**e-mail: a.fettah@univ-biskra.dz
asmafettah@yahoo.fr**

Abstract

Waste generated from agricultural and industrial activities represents a major environmental challenge. Existing in solid, liquid, and gaseous forms, these wastes contribute to continuous pollution and environmental degradation. Their valorization into high-value materials offers a sustainable strategy for reducing waste while promoting resource efficiency.

The present study aims to valorize agricultural plant waste as an eco-friendly reinforcing material for the development of sustainable polymer composites. In this context, epoxy-based biocomposites were fabricated using corn leaves and banana peels as natural fillers for potential application in roof tile manufacturing. The biomass fillers were incorporated into the epoxy resin matrix at a loading content of 10 wt.% with the objective of improving the physicochemical and mechanical properties of the composites while ensuring good interfacial adhesion between the natural fibers and the polymer matrix.

The prepared composites were characterized by Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy to investigate their chemical interactions. Their performance was further evaluated through hardness, water absorption, and chemical resistance tests in different solvents.

The obtained results revealed good compatibility between the natural fillers and the epoxy matrix, resulting in satisfactory physicochemical and mechanical properties. The developed biocomposites also exhibited acceptable water resistance and chemical stability, demonstrating their suitability for sustainable engineering applications.

Overall, the findings highlight the potential of agricultural waste-derived epoxy biocomposites as environmentally friendly materials for sustainable building applications. Further improvements in their performance could be achieved through optimization of the filler treatment, composite formulation, and manufacturing process.

Keywords: Agricultural waste; Biocomposites; Natural fibers; FTIR spectroscopy; Mechanical properties.

EFFECT OF DIETARY YEAST SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, BLOOD METABOLITES, AND FECAL MICROBIOTA IN GHILJO LAMBS

Farman Ullah , Dr Muhammad Shuaib, Dr Mubashir Hussain

Department of Microbiology, Kohat University of Science and Technology Kohat 26000, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Presenting Author: Farman Ullah Khan (MPhil Microbiology)

Email Id: farman.dvm@gmail.com

Corresponding Author: Dr Mubashir Hussain

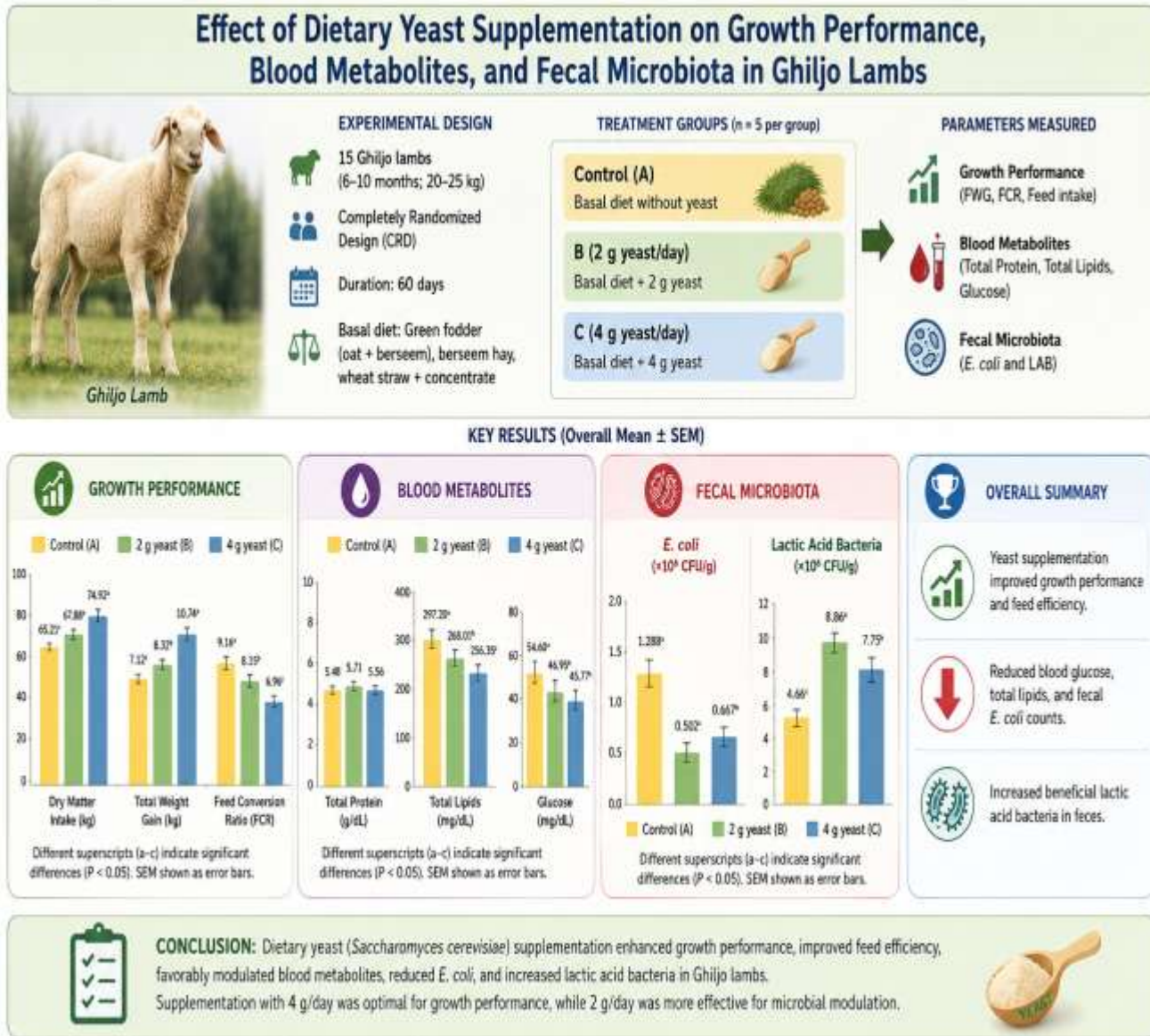
Email Id: mubbashir.hussain@kust.edu.pk

Abstract

The present study was conducted to assess the growth performance, blood biochemical metabolites and fecal microbiota of Ghiljo lambs fed Yeast as a dietary supplement. Fifteen healthy Ghiljo lambs (6-10 months old, 20-25 kg body weight) were randomly selected and assigned to three dietary treatments in a Completely Randomized Design (CRD), with 5 animals per treatment. The basal diet without Yeast was used as a control, and basal diets with yeast supplementation at 2 g/day and 4 g/day were used. The feeding trial lasted 60 days. Feed intake, body weight gain, feed conversion ratio (FCR), blood metabolites (total protein, total lipids and glucose) and fecal microbial populations (*Escherichia coli* and *lactic acid* bacteria (LAB)) were evaluated. Feed intake and growth performance of lambs were significantly improved with dietary yeast supplementation. The 2 g group and 4 g group had a larger amount of total feed eaten as compared to the control group (187.3, 169.7 kg vs 163.1 kg), respectively ($P < 0.05$). Dry matter intake of the lambs was also significantly higher in the yeast-supplemented lambs, with the highest value recorded in the 4 g yeast group (74.92 kg). Yeast supplementation also significantly improved total weight gain ($P < 0.05$) from 7.12 kg in the control group to 8.32 and 10.74 kg in the experimental groups receiving 2 g and 4 g of Yeast per kg of feed, respectively. Feed conversion ratio also improved considerably; the lowest was in the lambs fed 4 g yeast/day (6.96), compared with the control group (9.16). The blood biochemical analysis showed that the blood glucose and total lipid concentrations decreased with the yeast supplementation. The overall serum glucose level in the control group was 54.60 mg/dL, while that of the 2 g yeast group was 46.95 mg/dL, and that of the 4 g yeast group was 45.77 mg/dL ($P < 0.05$). Similarly, the total lipid concentration decreased significantly from 297.20 mg/dL in the control group to 268.01 and 256.35 mg/dL in the yeast-supplemented groups. The total protein concentration was numerically increased in supplemented lambs but was not significantly affected ($P > 0.05$). After supplementation with Yeast, significant decreases in *E. coli* counts and significant increases in beneficial lactic acid bacteria were observed in fecal microbiological analysis. The overall *E. coli* counts in the 2 g. yeast group and 4 g. yeast group were 0.502×10^6 CFU/g and 0.667×10^6 CFU/g, respectively, while the control group had 1.288×10^6 CFU/g. However, LAB counts in the supplemented groups rose to 8.86×10^6 and 7.75×10^6 CFU/g, respectively, compared to 4.66×10^6 CFU/g of the control group. To sum up, feeding Yeast improved growth performance, optimised feed efficiency, positively regulated blood metabolites, decreased *E. coli* in faeces, and increased beneficial lactic acid bacteria in Ghiljo lambs. The findings indicate that supplementing lambs with Yeast, especially 4g/day for growth performance and 2g/day for microbial modulation, can be a feasible nutritional approach to enhance productivity and gut health.

Keywords: Dry matter intake, *Escherichia coli*, feed conversion ratio, total lipid, weight gain

Graphical abstract



IMPACT OF BRCA1 MODULATION IN IMMUNE REGULATION OF INVASIVE DUCTAL CARCINOMA (IDC)

Mrs. Dhanushya Nagarajan

Cancer Immunology and Gene Technology Lab, Department of Biotechnology, SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur, Chennai, Tamil Nadu 603203, India

E-mail: dn8051@srmist.edu.in

Dr. Koustav Sarkar

Cancer Immunology and Gene Technology Lab, Department of Biotechnology, SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur, Chennai, Tamil Nadu 603203, India

Corresponding Author E-mail: koustavsarkar@gmail.com

Dr. Melvin George

Centre for Clinical Pharmacology, SRM Medical College Hospital & Research Centre, SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur, Chennai, Tamil Nadu 603203, India

Abstract

Breast cancer (BC), particularly invasive ductal carcinoma (IDC), is the most common malignancy among women in India, with high incidence and mortality. *BRCA1* is a key tumor suppressor involved in homologous recombination repair and maintenance of genomic stability. While its role in mammary epithelial cells is well established, its function in immune regulation remains poorly understood. This study investigates how *BRCA1* modulation affects DNA damage response (DDR) and immune signalling pathways in immune cells from patients with IDC. A case-control study was conducted involving treatment-naïve IDC patients and age-matched healthy female controls. Peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) were isolated using Ficoll density gradient centrifugation and cultured under standard conditions. *BRCA1* was modulated using CRISPR-Cas9 knockout (KO) and nucleofection-based overexpression (OE). RNA was isolated from the *BRCA1*-depleted and *BRCA1*-overexpressed PBMCs, and RNA was converted them into cDNA. Gene expression associated with DDR (*H2AFX* and *ATR*), pro-tumorigenesis (*c-MYC*), Signal Transducer and Activator of Transcription (*STAT3* and *STAT6*), and tumor suppression (*BRCA1* and *RUNX3*) was analyzed using qRT-PCR. *BRCA1* modulation significantly altered immune-associated signalling pathways. Overexpression of *BRCA1* resulted in upregulation of *ATR*, *RUNX3*, and *STAT6*, suggesting enhanced DNA damage repair capacity and activation of anti-tumor immune responses. In contrast, *BRCA1* knockout led to increased expression of *H2AFX*, indicating genomic instability, along with upregulation of *c-MYC* and *STAT3*, which are associated with tumor progression and immunosuppressive signalling. The current study highlights a previously underexplored role of *BRCA1* in regulating DDR-associated transcriptional networks in immune cells. *BRCA1*-mediated signalling appears to influence immune cell behaviour in IDC, providing new insights into tumor-immune interactions. Further investigation will focus on epigenetic regulation and miRNA-mediated control of DDR pathways in specific immune cell subsets to better understand immune reprogramming in breast cancer.

Keywords: *BRCA1*, DNA-damage response, Invasive Ductal Carcinoma, Immune regulation

MOLECULAR IDENTIFICATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILE OF LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM DAIRY PRODUCTS IN KOHAT, KHYBER PAKHTUNKHWA

Author: Abdul Qadeer Khan

Supervisor: Dr. Kalim Ullah

Department of Zoology, Kohat University of Science and Technology, Kohat, Pakistan

Abstract

Antibiotic resistance among lactic acid bacteria (LAB) isolated from dairy products is an emerging concern because of their potential role as a reservoir of transferable antibiotic resistance genes. Lactic acid bacteria are generally recognized as safe and are widely used in food fermentation. The presence of antibiotic-resistant strains may compromise food safety and public health.

To isolate and characterize Lactic Acid Bacteria from raw milk, yogurt, and cheese collected in Kohat, Pakistan, and to assess the phenotypic antibiotic resistance profiles of the isolated lactic acid bacteria.

This laboratory-based cross-sectional experimental study included a total of 15 dairy product samples collected from different locations in Kohat, Pakistan. Lactic acid bacteria were isolated using standard microbiological methods, molecularly identified using polymerase chain reaction (PCR), and their phenotypic antibiotic susceptibility to commonly used antibiotics was determined using the Kirby-Bauer disk diffusion method.

A total of 13 Lactic acid bacteria (LAB) isolates were recovered from 15 dairy samples. Molecular identification confirmed the presence of 8 *Lactobacillus spp.* and 5 *Enterococcus spp.* isolates. Antibiotic susceptibility testing revealed variable resistance patterns, with the highest resistance observed against tetracycline, erythromycin, and ampicillin, and lower resistance observed against vancomycin and chloramphenicol. A subset of the isolates exhibited multidrug resistance, indicating potential public health implications.

This study demonstrates that dairy products in Kohat, Pakistan, harbor molecularly identified lactic acid bacteria with varying phenotypic antibiotic resistance profiles. Although lactic acid bacteria (LAB) play an important role in food fermentation, their potential to serve as reservoirs of antibiotic resistance genes underscores the need for continuous surveillance and prudent antibiotic use in dairy production.

Keywords: Lactic acid bacteria (LAB), Molecular identification, Antibiotic resistance, Polymerase chain reaction (PCR), *Lactobacillus*, *Enterococcus*

ANTIDIABETIC POTENTIAL OF *SALVIA OFFICINALIS* L.: A REVIEW OF CURRENT EVIDENCE**Dr. Safaa Rhaimi 1/ Faima El hilah2/ Soukaina Njili3/ Aicha Rossafi4****1 Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569****2 Botanique, Biotechnologies et Protection des Plantes, Faculty of Sciences. B.P 242. Kenitra, Morocco.****3 Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, [Morocco](#)****4 Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, Morocco****Abstract**

Diabetes mellitus is a major global health challenge characterized by chronic hyperglycemia and associated metabolic complications. Growing interest in complementary and plant-based therapies has highlighted the potential of medicinal plants as sources of novel antidiabetic agents. *Salvia officinalis* L. (common sage), a member of the Lamiaceae family, has been traditionally used for the management of various metabolic disorders and has attracted considerable scientific attention for its antihyperglycemic properties. This review aims to summarize the current evidence regarding the antidiabetic potential of *S. officinalis* and to discuss its underlying mechanisms of action.

Data from in vitro, in vivo, and limited clinical studies indicate that sage extracts and their bioactive constituents, including rosmarinic acid, carnosic acid, carnosol, and various flavonoids, exert beneficial effects on glucose and lipid metabolism. Proposed mechanisms include the enhancement of insulin sensitivity, stimulation of glucose uptake, inhibition of intestinal carbohydrate-digesting enzymes, modulation of hepatic gluconeogenesis, and reduction of oxidative stress and inflammation. Experimental studies have demonstrated significant decreases in blood glucose levels, improvements in insulin resistance, and favorable effects on lipid profiles following sage administration. Furthermore, the strong antioxidant activity of sage may contribute to the prevention of diabetes-related complications by protecting pancreatic β -cells and reducing oxidative damage.

Despite promising preclinical findings, clinical evidence remains limited and heterogeneous, highlighting the need for well-designed randomized controlled trials to establish efficacy, optimal dosage, long-term safety, and mechanisms in human populations. Overall, *S. officinalis* represents a promising natural candidate for the prevention and management of diabetes mellitus, warranting further pharmacological and clinical investigation.

Keywords: *Salvia officinalis*; sage; diabetes mellitus; antidiabetic activity; phytochemicals; insulin sensitivity; oxidative stress; review.

IN VITRO ANTIDIABETIC ACTIVITY OF *SALVIA OFFICINALIS* L.: A REVIEW OF EXPERIMENTAL EVIDENCE

Dr. Safaa Rhaimi 1/ Hassna Ieknizi³

1 Laboratory of Natural Resources and sustainable development, Faculty of Science, Ibn Tofail University, safaa.rhaimi@uit.ac.ma, Orcid id : 0000-0002-4707-6569

2 Laboratory of Plant Animal and agro-industrial production, Faculty of Science, Ibn Tofail University,

Abstract

Diabetes mellitus is a chronic metabolic disorder characterized by persistent hyperglycemia resulting from impaired insulin secretion, insulin action, or both. The search for natural products with antidiabetic properties has increased considerably in recent years due to the limitations and side effects associated with conventional therapies. *Salvia officinalis* L. (common sage) is a medicinal plant widely recognized for its rich phytochemical composition and diverse pharmacological activities. This review focuses on the in vitro evidence supporting the antidiabetic potential of *S. officinalis*.

Numerous studies have demonstrated that sage extracts possess significant inhibitory effects against key carbohydrate-hydrolyzing enzymes, particularly α -amylase and α -glucosidase, thereby reducing glucose release and absorption. These activities have been attributed to the presence of phenolic compounds, including rosmarinic acid, caffeic acid, carnosic acid, carnosol, and flavonoids. In addition, cell-based assays have shown that sage extracts can enhance glucose uptake, improve insulin signaling pathways, and protect pancreatic β -cells from oxidative stress-induced damage. The strong antioxidant capacity of *S. officinalis* further contributes to its antidiabetic effects by limiting the production of reactive oxygen species involved in the progression of insulin resistance and β -cell dysfunction.

Overall, the available in vitro data indicate that *S. officinalis* exhibits promising antidiabetic activity through multiple complementary mechanisms. However, the translation of these findings into clinical applications requires further investigation, including standardized extract characterization and validation through in vivo and clinical studies. These results support the potential use of sage as a source of bioactive compounds for the development of novel antidiabetic agents.

Keywords: *Salvia officinalis*; in vitro; antidiabetic activity; α -amylase; α -glucosidase; phenolic compounds; oxidative stress.

DEEP EUTECTIC SOLVENT BASED LIQUID-LIQUID MICROEXTRACTION OF NICKEL FROM AQUEOUS AND FOOD SAMPLES PRIOR TO SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS

Adnan Khan

Department of Chemistry , Kohat University of Science & Technology, Kohat--26000 Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Abstract

Nickel (Ni) is a toxic heavy metal discharged into the environment by many human and natural sources. Therefore, the precise and accurate determination of trace nickel in samples is of immense importance. For this purpose, deep eutectic (choline chloride, ChCl + decanoic acid) solvent-based liquid-liquid microextraction (DES-LLME) has been developed for the quantification of Ni (II) in water and food samples. The optimum of all the relevant parameters, such as pH (8), volume of Quantity of 2-(5-bromo-2-pyridylazo)-5-diethylaminophenol (PADAP) (500 μ L), ratio of choline chloride and decanoic acid (1:1), volume of DES (300 μ L), and sample volume (10 mL) were optimized. The developed approach is highly sensitive as evidenced by its limit of detection (LOD) (0.37 μ g/mL) and limit of quantification (LOQ) (1.32 μ g/mL). The preconcentration factors (PF) and enhancement factors (EF) are 10 and 10.7, respectively, which shows that the developed procedure is highly efficient. The relative standard deviation (RSD) is 2.37%, which shows that the method is reproducible. The real sample was used for the validation of the method. The method was also applied to tap water, dam water and battery wastewater which gave satisfactory recoveries of 94% to 99% for the food samples such as bean, spinach and pea sample. The developed approach was compared with literature approaches based on the limit of detection.

EVALUATION OF MOSQUITOCIDAL ACTIVITY OF COPPER NANOPARTICLES SYNTHESIZED FROM INDIGENOUS *BACILLUS* EXTRACTS AGAINST *ANOPHELES* LARVAE AND EGGS

Sharjeel Ahmed ¹, Muhammad Anees* ¹, Imran Rauf ²

1. Department of Microbiology, Kohat University of Science and Technology, Kohat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.

2. National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering (NIBGE), Faisalabad, Pakistan

*Corresponding Author email id: dr.anees@kust.edu.pk

Abstract

Malaria still kills. Even in Pakistan, a country with very few studies on the subject, approximately 470,000 confirmed infections and 800 deaths were reported in one year with the tools used to prevent it, insecticides, larvicides, and bed nets, becoming ineffective due to the development of resistance in *Anopheles* populations. There's got to be something there to fill that void. This study aimed to assess if copper nanoparticles that are grown through bacteria (not through strenuous chemical reducing agents) can help solve the problem.

The two indigenous *Bacillus* strains (*B. subtilis* K1) and *B. wiedmannii* TD10) were grown to stationary phase and the cell free culture supernatant treated with copper sulphate to form the nanoparticles which were isolated by centrifugation and washing. What came out the other end were copper oxide nanoparticles, with no sign of the plasmon band that would indicate the presence of metallic copper, as confirmed by the UV-Vis spectroscopy data; the FTIR data showed the presence of Cu-O stretching bands at 651-655 cm⁻¹ and 880 cm⁻¹, plus a phytochemical capping layer; and the DLS/zeta potential measurements clearly distinguished the two strains — K1 produced compact 43 nm particles, while TD10 produced nearly five times larger particles at 211 nm.

Larvicidal bioassays showed that the mortality increased with dose for both nanoparticle formulations. Interestingly, the larger particle size of CuONPs synthesized by TD10 resulted in a lower LC₅₀ of 4.8 ppm than that of K1 (8.8 ppm) and a complete larval mortality was observed at 30 ppm. In ovicidal assays, TD10-CuONPs were more effective at reducing the egg hatchability at all tested concentrations with 23.3% egg hatchability observed at 30 ppm as compared to 43.3% egg hatchability for K1-CuONPs and 100% egg hatchability observed when both the formulations were used at 0 ppm.

The biological activity was found more dependent on the type of organic capping agents produced by each bacterial strain when compared to other factors such as size and crystallinity of the nanoparticles. The increased larvicidal and ovicidal activity of *B. wiedmannii* synthesized CuONPs also highlights them as a cost-effective, eco-friendly option for integrated vector management strategies that can target multiple life stages of mosquito life cycle.

Keywords: Copper oxide nanoparticles (CuONPs); Green synthesis; *Bacillus subtilis*; *Bacillus weidmannii*; *Anopheles*; Larvicidal activity; Ovicidal activity; Vector control

EVALUATION OF INDIGENOUS BACTERIAL COMMUNITIES FOR THE BIODEGRADATION OF SYNTHETIC DYES IN DISTRICT KOHAT

Haseeb Khan^{1*}, Abdul Rehman¹, and Mubbashir Hussain¹

¹Department of Microbiology, Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, 26000, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.

Corresponding email: haseebshinvari11@gmail.com

Abstract

Background: Textile industries discharge large amounts of synthetic dyes, especially azo dyes, which are chemically stable, toxic and have proven to be resistant to traditional methods of treatment, thereby posing serious environmental and public health risks. Dye contamination due to effluents from industries in District Kohat is a little explored area and the information regarding its biodegradation potential by indigenous microbial communities is scarce.

Objectives: The objective of this study is to isolate and characterize indigenous bacterial isolates from the dye contaminated sites of District Kohat and to assess and enhance their synthetic dye biodegradation efficiency in controlled physicochemical conditions.

Methods: Soil and water samples were taken from textile effluent sites and industrial wastewater channels. The bacteria that degrade the dyes were isolated using Minimal Salt Medium (MSM) containing Congo Red and Methyl Orange. Biochemical tests and 16S rRNA gene sequencing by BLAST analysis were used for the identification of the isolates. The one factor at a time (OFAT) and Response Surface Methodology (RSM) experiments were designed to optimize the degradation conditions of pH (5-9), temperature (25-40°C) and dye concentration (50-500 mg/L). UV-Vis, FTIR, HPLC, GC-MS were used to perform metabolite profiling, and COD and BOD₅ were used to assess the detoxification efficacy in simulated textile wastewater.

Results: The bacterial isolates of indigenous origin obtained, identified as *Pseudomonas* spp. And *Bacillus* spp. by 16S rRNA sequencing, successfully decoloured Congo Red (80-95%) and Methyl Orange (80-95%) in 48-72 hours. Optimum degradation was expected to occur at pH of 7.0, temperature of 35°C, and dye concentration of 100 mg/L. FTIR and GC-MS analysis confirmed the degradation of the azo bonds and the generation of non-toxic aromatic metabolites. When applied to simulated wastewater, COD was reduced by 75-85% and BOD₅ was reduced by 70-80%, which showed its detoxification effect.

Conclusions: Indigenous bacterial communities from District Kohat are likely to exhibit significant biodegrading ability towards synthetic dyes at optimum conditions making them a cost-effective, locally adaptable and environmentally friendly approach towards management of textile wastewater in the region.

Keywords: Synthetic dyes, Azo dyes, Biodegradation, Indigenous bacteria, Bioremediation, Congo Red, Methyl Orange, 16S rRNA, RSM optimization, Textile wastewater

BIOTRANSFORMATION OF TEXTILE DYE RESIDUES IN CONTAMINATED SOILS USING INDIGENOUS CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES (VETIVER GRASS)-RHIZOSPHERE BACTERIA

Nimra Rashid¹, Dr. Malik Nawaz Shuja¹, Dr. Abdul Rehman¹

¹Department of Microbiology, Kohat University of Science and Technology (KUST), Kohat, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.

Corresponding Email: nimraktek5@gmail.com

Abstract

Background: Textile industries release large quantities of synthetic dyes into the environment, resulting in severe soil contamination and ecological imbalance. These dyes possess complex aromatic structures that are resistant to natural degradation and adversely affect soil microbial diversity, enzyme activity, and agricultural productivity. Biological remediation using rhizosphere-associated bacteria offers a sustainable and environmentally friendly alternative to conventional physicochemical treatment methods.

Objectives: This study aims to isolate and characterize indigenous dye-degrading bacteria from the rhizosphere of *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver grass) and to evaluate their efficiency in the biotransformation of textile dye residues in contaminated soils. The study also investigates the combined effect of Vetiver grass and rhizosphere bacteria on improving soil remediation.

Methods: Rhizosphere soil samples will be collected from textile dye-contaminated sites-in District Kohat. Bacterial isolates will be obtained using serial dilution and cultured on Minimal Salt Medium (MSM). Dye degradation efficiency will be assessed through qualitative and quantitative decolorization assays using UV–Visible spectrophotometry. Biodegradation will be confirmed by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), while efficient isolates will be identified through biochemical characterization and 16S rRNA gene sequencing. Soil microcosm and greenhouse pot experiments with Vetiver grass will be conducted to evaluate dye removal, microbial population dynamics, total organic carbon, soil pH, and plant growth under controlled conditions.

Results: The indigenous rhizosphere bacterial isolates are expected to exhibit efficient biodegradation of Methylene Blue under optimized soil conditions. Molecular identification through 16S rRNA gene sequencing is expected to identify efficient dye-degrading bacterial genera such as *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, and *Acinetobacter*, which are commonly associated with rhizosphere-mediated biodegradation. The selected isolates are anticipated to achieve approximately 75–95% decolorization of Methylene Blue within the experimental period. HPLC analysis is expected to confirm the transformation of Methylene Blue into less toxic intermediate metabolites, indicating true biodegradation rather than adsorption. The combined application of Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) and indigenous rhizosphere bacteria is expected to significantly improve dye removal, increase soil microbial population, restore soil quality, and enhance Vetiver growth compared with untreated contaminated soil.

Conclusion: The integration of indigenous Vetiver rhizosphere bacteria with phytoremediation is expected to provide an efficient, eco-friendly, and cost-effective strategy for the remediation of textile dye-contaminated soils. The findings may contribute to the development of sustainable plant–microbe-based technologies for environmental restoration and soil health improvement.

Keywords: Textile dyes, Biotransformation, Rhizosphere bacteria, *Chrysopogon zizanioides*, Vetiver grass, Bioremediation, Contaminated soil, 16S rRNA, HPLC, Soil remediation.

INVESTIGATING STRUCTURAL, ELECTRONIC, ELASTIC, AND OPTICAL PROPERTIES OF NaXO_3 (X = GE, SN) PEROVSKITES USING DFT

NASIR ZIA

PH320242004

SUPERVISOR: DR. MUHAMMAD YAQOOB KHATTAK

Department Of Physics Kohat University of Science and Technology, Kohat-26000
Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Abstract

A comprehensive first-principles density functional theory (DFT) study has been conducted to investigate the structural, electronic, elastic, and optical properties of the cubic perovskite compounds NaGeO_3 and NaSnO_3 . All calculations were performed using the plane-wave pseudopotential method implemented in the CASTEP code, employing the generalized gradient approximation (GGA) for the exchange-correlation functional. The crystal structures were fully optimized to obtain equilibrium lattice parameters, atomic positions, and formation energies, confirming the structural stability of both compounds in the cubic phase.

The electronic band structures and densities of states (DOS) were calculated to understand the bonding characteristics and conductive behavior. The analysis reveals that both NaGeO_3 and NaSnO_3 exhibit semiconducting behavior with indirect band gaps. The substitution of Ge with Sn leads to a notable change in the band gap value, attributed to the different hybridization strengths between the cation (Ge/Sn) and oxygen states.

Furthermore, the elastic constants were calculated to assess the mechanical stability and stiffness of these perovskites, from which bulk modulus, shear modulus, and Poisson's ratio were derived, indicating their ductile or brittle nature. The optical properties, including the complex dielectric function, refractive index, reflectivity, and absorption coefficient, were also evaluated and analyzed in relation to the underlying electronic structure. This theoretical investigation provides a detailed understanding of the physical properties of NaXO_3 (X = Ge, Sn) perovskites and suggests their potential utility in optoelectronic and photovoltaic device applications.

INDIA–MIDDLE EAST–EUROPE ECONOMIC CORRIDOR (IMEC): BUSINESS IMPLICATIONS**Ms. Aziya Sabeer¹****MBA student, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: aziyasabeer@gmail.com****Mr. Jayashankar.J²****Assistant Professor, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: jayapoliceshankar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6274-9672>****Abstract**

The **India–Middle East–Europe Economic Corridor (IMEC)** represents a transformative initiative aimed at strengthening economic connectivity between India, the Middle East, and Europe through an integrated network of ports, railways, logistics infrastructure, energy corridors, and digital connectivity. Announced during the G20 Summit in 2023, IMEC has gained strategic significance amid shifting geopolitical dynamics, supply chain diversification, and the growing need for resilient and sustainable trade routes. The corridor is expected to enhance regional economic integration, reduce logistics costs, improve trade efficiency, and create new opportunities for investment, manufacturing, and cross-border commerce. This paper examines the potential business implications of IMEC for India and its partner economies. It explores how the corridor could reshape international trade by strengthening global value chains, promoting multimodal transportation, facilitating foreign direct investment (FDI), and supporting sectors such as manufacturing, logistics, renewable energy, digital infrastructure, and maritime trade. The study also analyzes IMEC's strategic role in diversifying global supply chains, reducing dependence on traditional trade routes, and enhancing India's position as a global manufacturing and export hub. The paper further discusses the challenges associated with implementing IMEC, including geopolitical instability in the Middle East, infrastructure financing, regulatory harmonization, environmental sustainability, and coordination among participating countries. Using a qualitative research approach based on secondary data from government reports, international organizations, policy papers, and academic literature, the study provides a comprehensive assessment of the corridor's economic and strategic significance. The findings suggest that IMEC has the potential to redefine regional and global trade by fostering economic cooperation, improving connectivity, and enhancing business competitiveness. However, its long-term success will depend on sustained political commitment, effective governance, infrastructure development, and strategic collaboration among participating nations.

Keywords: India–Middle East–Europe Economic Corridor (IMEC), International Trade, Supply Chain Resilience, Economic Connectivity, Global Value Chains (GVCs)

BRICS EXPANSION AND THE FUTURE OF INTERNATIONAL TRADE**Mr. V Vishnu¹****MBA student, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: vvishnu8281@gmail.com****Mr. Jayashankar.J²****Assistant Professor, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: jayapoliceshankar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6274-9672>****Abstract**

The expansion of BRICS has emerged as one of the most significant developments in the evolving global economic and geopolitical landscape. With the inclusion of new member countries, BRICS has strengthened its economic influence by representing a larger share of the world's population, natural resources, energy production, and global GDP. The expansion reflects the growing demand among emerging economies for a more inclusive and balanced international economic order, while creating new opportunities for trade, investment, financial cooperation, and regional integration. This paper examines the implications of BRICS expansion for the future of international trade. It explores how deeper economic cooperation among member nations can enhance intra-BRICS trade, diversify global supply chains, promote local currency settlements, and reduce dependence on traditional financial systems. The study also analyzes the potential impact of BRICS on global trade governance, investment flows, digital commerce, energy security, and infrastructure development. Furthermore, it evaluates the opportunities for developing economies, particularly India, to strengthen export competitiveness, attract foreign investment, and expand strategic partnerships within an increasingly multipolar world economy. Despite its growing influence, BRICS faces several challenges, including differences in economic priorities, geopolitical rivalries, trade imbalances, institutional coordination, and varying levels of economic development among member countries. Using a qualitative research approach based on secondary data from international organizations, government publications, policy reports, and academic literature, this paper provides a comprehensive analysis of the opportunities and challenges associated with BRICS expansion. The study concludes that the expansion of BRICS has the potential to reshape international trade by fostering greater economic cooperation, promoting resilient supply chains, and contributing to a more diversified global trading system. However, sustained policy coordination, institutional strengthening, and strategic collaboration among member nations will be crucial for realizing its long-term economic objectives.

Keywords: BRICS Expansion, International Trade, Emerging Economies, Global Economic Governance, Supply Chain Resilience

INDIA'S ROLE IN THE GLOBAL SOUTH: ECONOMIC AND TRADE PERSPECTIVES**Ms. Shahas Ahammed¹****MBA student, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: shahasahammed666@gmail.com****Mr. Jayashankar.J²****Assistant Professor, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: jayapoliceshankar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6274-9672>****Abstract**

The emergence of India as a leading voice of the Global South has significantly influenced contemporary discussions on international trade, economic cooperation, and sustainable development. As one of the world's fastest-growing major economies, India has strengthened its engagement with developing nations through trade partnerships, investment, capacity-building initiatives, digital public infrastructure, and South–South cooperation. Its active participation in multilateral forums such as the G20, BRICS, and the International Solar Alliance has reinforced its commitment to promoting inclusive economic growth and representing the interests of developing economies in global governance. This paper examines India's evolving role in the Global South from economic and trade perspectives. It explores India's contribution to enhancing trade connectivity, promoting regional and bilateral trade agreements, facilitating investment flows, supporting infrastructure development, and fostering technological collaboration among developing countries. The study also analyses India's initiatives in digital transformation, healthcare, renewable energy, and development finance as instruments of economic diplomacy and sustainable growth. Furthermore, it discusses the opportunities arising from demographic advantages, expanding export markets, and strategic partnerships, while addressing challenges such as global economic uncertainties, geopolitical tensions, trade barriers, and infrastructure constraints. The paper adopts a qualitative research approach based on secondary data collected from government reports, international organizations, policy documents, and academic literature. The study concludes that India's growing economic influence, combined with its commitment to inclusive development and strategic cooperation, positions it as a key driver of economic integration and sustainable growth within the Global South. Strengthening trade partnerships, innovation, and policy coordination will be essential for enhancing India's leadership role in shaping a more balanced and resilient global economic order.

Keywords: Global South, International Trade, Economic Diplomacy, South–South Cooperation, Sustainable Development

INDIA'S RISE AS A GLOBAL MANUFACTURING HUB: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES**Ms. Arya. P¹****MBA student, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: aryammuu368@gmail.com****Mr. Jayashankar.J²****Assistant Professor, DC School of Management and Technology, Trivandrum, Kerala, India****E-mail: jayapoliceshankar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6274-9672>****Abstract**

The global manufacturing landscape is undergoing a significant transformation due to geopolitical tensions, supply chain disruptions, technological advancements, and the diversification strategies of multinational corporations. In this context, India has emerged as a promising global manufacturing destination, supported by government initiatives such as *Make in India*, the *Production Linked Incentive (PLI) Scheme*, *PM Gati Shakti*, and the *National Logistics Policy*. The country's large domestic market, demographic advantage, expanding digital infrastructure, and improving ease of doing business have further strengthened its position in global value chains. This paper examines the key factors driving India's emergence as a global manufacturing hub and evaluates the opportunities and challenges associated with this transformation. The study explores the impact of geopolitical realignments, including the China Plus One strategy, the India–Middle East–Europe Economic Corridor (IMEC), and evolving international trade partnerships, on India's manufacturing competitiveness. It also analyzes the role of innovation, Industry 4.0 technologies, sustainable manufacturing practices, and foreign direct investment (FDI) in enhancing industrial growth. Despite substantial progress, India continues to face challenges such as infrastructure gaps, regulatory complexities, skill shortages, logistics costs, environmental sustainability concerns, and increasing competition from other emerging manufacturing economies. The paper adopts a qualitative approach based on secondary data collected from government reports, international organizations, industry publications, and academic literature to provide a comprehensive analysis of India's manufacturing ecosystem. The study concludes that while India possesses significant potential to become a leading global manufacturing hub, sustained policy reforms, investment in human capital, technological innovation, and resilient supply chain strategies will be essential for achieving long-term competitiveness and inclusive economic growth.

Keywords: Global Manufacturing, Make in India, Production Linked Incentive (PLI), Global Value Chains (GVCs), China Plus One Strategy, Foreign Direct Investment (FDI), Geopolitics, Sustainable Manufacturing, Economic Growth, International Trade

INDICATORS ASSESSMENT OF POLLUTION ACCUMULATION IN GRASS COVER AND LEAF FALL OF THE ECOSYSTEMS PRIDNIPROVSKA TPP OPERATION AREA

**Prof. Dr. Yuriy V. Lykholat¹, PhD Tetyana Y. Lykholat², Lecturer, Maksim O. Kvitko³,
Prof. Dr. O. A. Lykholat⁴**

¹ Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine, e-mail: lykholat2006@ukr.net,
ORCID NO: 0000-0003-3354-8251

² Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine, e-mail: lyktat89@ukr.net,
ORCID NO: 0000-0002-5076-0572

³ Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: kvitko.max@gmail.com,
ORCID NO: 0000-0002-3713-7620

⁴ University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine, e-mail: lykholat2010@ukr.net,
ORCID NO: 0000-0002-3722-8602

Abstract

Issues of regional education on environmental safety issues have recently gained considerable relevance. Crimes in the field of nature protection should be considered especially carefully in the future, as they have negative consequences for the existence of the younger generation of the population of any region. Therefore, for the development of promising social and educational projects, scientific substantiation of the principles and measures of implementation of regional environmental security is necessary. In this work, the peculiarities of the accumulation of heavy metals in various components of the ecosystem, namely: plants - leaf litter - under the influence of the thermal power plant (TPP) of the Dnipro district were investigated. Test samples of leaves of woody plants, leaf litter, soil, sod-forming grasses, and soil-litter invertebrates were taken from artificial plantations of *Robinia pseudoacacia* L., located in the immediate vicinity of the Prydniprovsk TPP in the Dnipro city, and control samples - at a distance of 30-40 km from the TPP. Determination of the content of heavy metals was carried out by the method of atomic adsorption spectrophotometry according to the standard method.

The features of the accumulation of heavy metals by the main sod-forming cereals depending on the contamination level in the soil under the influence of the Prydniprovsk TPP have been established. It was found that in the experimental area, the content of Mn, Zn, Cu, Cd, Pb lead exceeded the control indicators, and the content of Ni significantly exceeded the zonal content of the Fe. In the control plots, the concentration of manganese and iron in the leaf tree *Robinia pseudoacacia* L., and *Poa angustifolia* L. roots was lower than the similar indicators of *Robinia pseudoacacia* L., and *Elytrigia repens* (L.) Nevski by 1.1 times, and zinc and nickel by 1.2 times. In the above-ground part, the difference for manganese and cadmium concentrations was 1.5 times. The obtained results can be used in bioindication to assess environmental pollution

Keywords: Prydniprovsk TPP, Dnipro region, accumulation of heavy metals, woody plants, leaf litter, soil, sod-forming grasses.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED TOOLS ON THE CHESS DEVELOPMENT OF BEGINNERS

Mr. Fernando José de MEDEIROS NETO^{1/} Prof. Dr. Mateus DAVID FINCO²

¹Federal University of Paraíba, Computer Engineering, fjm@academico.ufpb.br, 0009-0006-0579-2360

²Federal University of Paraíba, Psychopedagogy, mateus.finco@academico.ufpb.br, 0000-0001-8407-0046

Abstract

Historically recognized as the pinnacle of human strategy and intellect, chess has transcended physical boards, moving from wood to silicon, to become the premier laboratory for modern computing. Against this backdrop, game analysis tools have adapted to advancements in Artificial Intelligence (AI), enabling beneficial integrations that foster a deeper understanding and validation of chess positions. This study aims to analyze how AI-based tools work in the chess training of beginner players, facilitating access to technical knowledge without the immediate need for a human coach. The methodology consists of a literature review and qualitative analysis of major online chess platforms (*Chess.com* and *Lichess*), focusing on automated game review functions, personalized puzzle generation, and neural network-based accuracy reports. Preliminary results indicate that AI optimizes the learning time of lay players by providing instant feedback and identifying frequent tactical error patterns, teaching the student through artificially generated tips with adaptive language tailored to different player profiles. In contrast, the traditional reliance on human coaches reveals difficulties in providing specific, tailored material for new players, compounded by the scarcity of available professional chess tutors. The study highlights that AI can act as a democratizing agent in chess education, although methodological guidance remains crucial to avoid excessive reliance on raw computer analysis. Ultimately, chess encompasses not only analytical positions but also human interaction and emotional control, dimensions that AI cannot replicate, yet can effectively help players develop.

Keywords: Artificial Intelligence; Chess Training; Educational Technology; Digital Inclusion.

POLITICAL AND CULTURAL DIMENSIONS OF BRAZIL IN THE FACE OF THE SINKING OF BRAZILIAN SHIPS IN WORLD WAR II

Prof. Dr. Mateus DAVID FINCO¹

¹Federal University of Paraíba, Psychopedagogy, mateus.finco@academico.ufpb.br, 0000-0001-8407-0046

Abstract

The Brazilian scenario on the eve of the conflict was marked by a delicate diplomatic balance, which gave way to a progressive alignment with the United States after the breaking of relations with the Axis in January 1942 (Flores, 2025). This transition was consolidated by the escalation of attacks by German submarines against national vessels, an event that transformed the feeling of neutrality into an overt popular pressure for armed retaliation (Barboza, 2022). From August 1942 onwards, the torpedoing of merchant ships off the coast of Bahia by the submarine U-507 acted as the definitive catalyst for this change, forcing the Estado Novo to abandon its pro-fascist tendencies in favor of an unprecedented nationalist mobilization. This investigation adopts a qualitative approach based on an exhaustive examination of diplomatic reports from the Brazilian Ministry of Foreign Affairs (Itamaraty) and nationally circulated periodicals from the 1940s. Additionally, an analytical cross-referencing of these records with maritime navigation reports from the period was conducted, allowing for the mapping of the chronology and precise geographical distribution of submarine incursions in the South Atlantic. This method allows for a comparison between the official narrative of state censorship and the technical evidence of port infrastructure and the reactions of public opinion recorded in contemporary chronicles. In this way, the analysis seeks to transcend mere chronological description, articulating the evidence of maritime vulnerability with the symbolic constructions of wounded sovereignty that permeated public discourse. In the long term, the sinkings solidified as a structuring trauma of collective memory, operating in Brazilian culture as the decisive landmark that overcame diplomatic isolationism in favor of an international identity guided by Western alignment. Furthermore, the memory of these attacks remains intrinsically linked to the construction of a defensive nationalism that still influences public perception of the country's military autonomy and diplomacy.

Keywords: Collective Memory; History; World War II; Politics; Culture.

SOLUTION OF TWO DIMENSIONAL LOCAL FRACTIONAL DIFFUSION PROBLEMS VIA ALTERNATING DIRECTION IMPLICIT SCHEME

Muhammad Fayaz Khan,

Department of Mathematics, Kohat University of Science and Technology, Kohat, KP, Pakistan

Corresponding author: Tel.: +92 349 7657184.

E-mail address: fayazkhan6125126@gmail.com (Muhammad Fayaz Khan)

Abstract

This article introduces an efficient numerical approach by developing an Alternating Direction Implicit (ADI) finite difference scheme tailored for solving two-dimensional local time-fractional diffusion equations. The proposed methodology reformulates the local time-fractional derivative as a product of a time-dependent function and a classical time derivative. The ADI scheme is then implemented to split each time increment into two computationally manageable sub-steps, treating the spatial derivatives explicitly in one direction and implicitly in the other. This splitting technique transforms the governing fractional system into a series of decoupled linear algebraic equations characterized by easily invertible tridiagonal matrices. To validate the efficacy and robust performance of the proposed framework, the methodology is applied to various test problems of two-dimensional local time-fractional diffusion equations. Additionally, a rigorous computational convergence analysis is presented to confirm the stability, accuracy, and reliability of the numerical scheme. The findings demonstrate that the proposed ADI approach serves as an accurate and highly scalable computational tool for solving multi-dimensional fractional diffusion processes arising in engineering and epidemiological modeling.

Key Words: Fractional calculus, Local time-fractional diffusion equation, Alternating Direction Implicit (ADI) scheme, Finite difference method, Computational convergence.

VOLLEYBALL FOR BEGINNERS: BUILDING FUNDAMENTAL SKILLS AND TEAMWORK**Sahzy Shakiraliha****Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia****Abstract**

Volleyball is a dynamic team sport that promotes physical fitness, communication, coordination, and strategic thinking. As one of the world's most popular sports, it provides beginners with an excellent opportunity to develop essential motor skills while fostering teamwork and sportsmanship. This paper introduces the fundamental aspects of volleyball for beginners, focusing on the basic techniques, rules, and values necessary to participate effectively in the game. Key skills such as serving, passing, setting, spiking, blocking, and defensive positioning are discussed to provide novice players with a strong technical foundation. In addition to physical abilities, beginners are encouraged to understand court positioning, game strategies, and the importance of effective communication among teammates. Learning volleyball also cultivates discipline, perseverance, and confidence as players gradually improve through consistent practice and constructive feedback. While beginners may initially encounter challenges such as limited coordination, unfamiliarity with game rules, and performance anxiety, these obstacles can be overcome through regular training, patience, and guidance from experienced coaches. Furthermore, participation in volleyball contributes to a healthy lifestyle by enhancing cardiovascular endurance, muscular strength, agility, and mental well-being. It also encourages positive social interaction by fostering friendships, mutual respect, and cooperation among players from diverse backgrounds. As beginners gain experience, they become more confident in applying their skills during practice sessions and competitive matches. Overall, volleyball serves as an enjoyable and rewarding sport that supports both personal and physical development. By mastering its fundamental techniques and embracing the values of teamwork and fair play, beginners can establish a solid foundation for lifelong participation and continued improvement in the sport.

Keywords: Volleyball; Beginners; Fundamental skills; Teamwork; Physical fitness

THE JOURNEY OF SELF-DISCOVERY AND HEALING THROUGH PLAYING THE GUITAR**WENLLY HARNELL CHARLES****Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia****Abstract**

Playing the guitar is more than simply learning a musical instrument; it can become a meaningful journey of self-discovery, emotional healing, and personal growth. This paper explores how playing the guitar contributes to psychological well-being by providing individuals with a healthy outlet for expressing emotions, managing stress, and developing resilience. Learning to play the guitar requires patience, discipline, and perseverance, qualities that gradually build self-confidence and a sense of achievement as learners overcome challenges and improve their skills. Beyond technical mastery, the instrument allows individuals to communicate feelings that are often difficult to express through words, making it a valuable form of emotional release. During periods of anxiety, sadness, or uncertainty, playing familiar melodies or composing original pieces can create moments of calmness, reflection, and inner peace. The guitar also encourages mindfulness, as players focus on rhythm, finger movements, and musical expression, helping to reduce negative thoughts and improve emotional regulation. In addition, sharing music with others through performances or informal gatherings fosters social connections, strengthens relationships, and reduces feelings of loneliness. However, meaningful progress requires consistent practice, realistic expectations, and a healthy balance between enjoyment and technical improvement. Frustration may arise when learning difficult techniques, but these challenges often become opportunities to develop perseverance and adaptability. Ultimately, playing the guitar offers benefits that extend far beyond musical ability. It nurtures emotional resilience, encourages self-reflection, and supports lifelong personal development. By embracing the guitar as both a creative outlet and a companion through life's challenges, individuals can cultivate greater emotional well-being, discover their inner strengths, and embark on a fulfilling journey of healing through music.

Keywords: Guitar; Self-discovery; Emotional healing; Personal growth; Music practice

TECHNICAL SKILLS IN RUGBY: ENHANCING PERFORMANCE THROUGH MASTERY OF FUNDAMENTAL TECHNIQUES

ALDRO FERRE RAYNER

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

Technical skills are a fundamental component of success in rugby, influencing individual performance, team effectiveness, and overall match outcomes. While physical fitness and tactical awareness are important, players must also possess strong technical abilities to execute game plans effectively under competitive conditions. This paper discusses the importance of rugby technicality, encompassing essential skills such as passing, tackling, kicking, ball handling, rucking, mauling, scrummaging, and positional play. Mastery of these techniques enables players to maintain possession, create scoring opportunities, reduce errors, and respond effectively to changing match situations. In addition, technical proficiency contributes to player safety by promoting correct tackling and contact techniques that minimize the risk of injury. The development of technical skills requires systematic training, continuous practice, and constructive feedback from coaches. Modern rugby increasingly emphasizes skill execution under pressure, making technical competence a critical factor in achieving consistent performance. Furthermore, technical development enhances players' confidence, decision-making abilities, and understanding of the game. By focusing on the refinement of fundamental and advanced rugby techniques, players can improve both their individual contributions and their ability to function effectively within a team structure. Therefore, the cultivation of rugby technical skills should remain a priority in player development programmes at all levels, from grassroots participation to elite competition.

Keywords: Rugby, technical skills, performance, player development, coaching

THE ROLE OF BOBOHIZAN IN KADAZANDUSUN SOCIETY: PRESERVING CULTURAL IDENTITY AND TRADITIONAL KNOWLEDGE

REO BRANDON SUIH
Keningau Vocational College

Abstract

This paper examines the role of the Bobohizan in Kadazandusun society and its significance in preserving cultural identity, traditional knowledge, and community values. The Bobohizan is a traditional priestess who serves as a spiritual leader, healer, cultural custodian, and mediator between the physical and spiritual worlds. Historically, Bobohizans played a central role in conducting rituals, ceremonies, and healing practices that were closely linked to agriculture, community well-being, and religious beliefs. Beyond their spiritual responsibilities, they were also entrusted with safeguarding oral traditions, folklore, customs, and indigenous knowledge that have been passed down through generations. In contemporary society, the role of the Bobohizan continues to be relevant despite the influence of modernization and changing religious practices. Bobohizans contribute to the preservation of cultural heritage by participating in cultural festivals, educational programmes, and community events that promote awareness of Kadazandusun traditions. Their involvement helps younger generations understand the historical foundations of their culture and strengthens appreciation for indigenous identity. Furthermore, the Bobohizan serves as a symbol of resilience and continuity, representing the enduring values and beliefs of the Kadazandusun people. This study highlights the importance of recognizing and documenting the contributions of Bobohizans to ensure that traditional knowledge and cultural practices remain relevant and accessible in the future. Preserving the role of the Bobohizan is essential for sustaining the rich cultural heritage of the Kadazandusun community in an increasingly globalized world.

Keywords: Bobohizan, Kadazandusun, cultural heritage, indigenous knowledge, tradition

FISHING WITH FRIENDS: STRENGTHENING SOCIAL BONDS THROUGH RECREATIONAL FISHING

CALVIN ALVIN ERWAN

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

Recreational fishing is a popular outdoor activity that provides opportunities for relaxation, leisure, and social interaction. This paper explores the significance of fishing with friends as a meaningful recreational experience that contributes to personal well-being and the development of strong social relationships. Fishing is more than simply catching fish; it encourages cooperation, communication, patience, and shared experiences among participants. Spending time together in natural environments allows individuals to strengthen friendships, reduce stress, and create lasting memories through common activities and challenges. Furthermore, fishing promotes appreciation for nature and encourages responsible environmental practices, including respect for aquatic ecosystems and sustainable fishing methods. Through shared preparation, teamwork, and problem-solving, participants develop a stronger sense of trust and companionship. Recreational fishing also provides an opportunity for individuals to temporarily disconnect from the pressures of daily life and engage in meaningful face-to-face interactions. In many communities, fishing serves as a cultural and social tradition that brings people together across different ages and backgrounds. The experience of fishing with friends fosters a sense of belonging and mutual support while promoting healthy outdoor lifestyles. Overall, recreational fishing represents a valuable activity that enhances social cohesion, emotional well-being, and environmental awareness. Its benefits extend beyond recreation, contributing to stronger interpersonal relationships and a greater appreciation for the natural world.

Keywords: Recreational fishing, friendship, social bonding, outdoor activity, well-being

WHY PEOPLE BECOME ADDICTED TO COFFEE: UNDERSTANDING THE EFFECTS OF CAFFEINE CONSUMPTION

CELVENGER ENRICO JENERIUS

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

Coffee is one of the most widely consumed beverages in the world and plays an important role in the daily routines of millions of people. While many individuals consume coffee for enjoyment and social purposes, others develop a strong dependence on it due to its stimulating effects. This paper explores the reasons why people become addicted to coffee and the factors that contribute to habitual caffeine consumption. The primary active ingredient in coffee is caffeine, a natural stimulant that affects the central nervous system by increasing alertness, reducing fatigue, and improving concentration. Regular consumption of caffeine can lead to physical dependence, causing individuals to experience withdrawal symptoms such as headaches, tiredness, irritability, and difficulty concentrating when coffee intake is reduced or stopped. In addition to its physiological effects, psychological and social factors also contribute to coffee addiction. Many people associate coffee with productivity, relaxation, social interaction, or daily routines, making it an integral part of their lifestyle. Environmental influences, workplace culture, and easy accessibility further encourage frequent consumption. Although moderate coffee intake is generally considered safe and may offer certain health benefits, excessive consumption can lead to sleep disturbances, anxiety, increased heart rate, and dependency. Understanding the reasons behind coffee addiction can help individuals make informed decisions about their caffeine intake and develop healthier consumption habits. Overall, coffee addiction is influenced by a combination of biological, psychological, and social factors that reinforce regular caffeine use over time.

Keywords: Coffee, caffeine, addiction, dependence, consumption

GENERATION Z: CHARACTERISTICS, CHALLENGES, AND INFLUENCE IN MODERN SOCIETY**FERDINAND OSMUND****Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia****Abstract**

Generation Z, commonly known as Gen Z, refers to individuals born approximately between the mid-1990s and early 2010s. As the first generation to grow up entirely in the digital age, Gen Z has been shaped by rapid technological advancements, social media, and global connectivity. This paper explores the defining characteristics of Generation Z and examines their influence on contemporary society. Gen Z is often recognized for its technological literacy, adaptability, creativity, and ability to access information quickly through digital platforms. The generation is highly connected and values diversity, inclusivity, and social awareness. At the same time, Gen Z faces unique challenges, including mental health concerns, information overload, cyberbullying, and the pressure to maintain an online presence. The widespread use of smartphones and social media has significantly influenced how members of this generation communicate, learn, and form relationships. In educational settings, Gen Z learners often prefer interactive, technology-driven approaches that encourage collaboration and creativity. In the workplace, they are known for valuing flexibility, innovation, and meaningful work experiences. Furthermore, Generation Z has become an influential force in shaping consumer trends, social movements, and public discourse through digital engagement. Understanding the strengths and challenges of this generation is essential for educators, employers, policymakers, and community leaders seeking to support their development and maximize their potential. Overall, Generation Z represents a transformative generation whose values, behaviours, and perspectives continue to shape the future of society in significant ways.

Keywords: Generation Z, digital technology, youth, social media, society

WHAT IF ANIMALS COULD TALK? EXPLORING THE IMPACT OF ANIMAL COMMUNICATION ON HUMAN SOCIETY

GARETH RANDALL GISIL

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

The ability to communicate through language is often regarded as one of the defining characteristics of human beings. However, imagining a world in which animals could talk raises fascinating questions about the relationship between humans and the animal kingdom. This paper explores the potential social, ethical, environmental, and scientific implications of animals possessing the ability to communicate with humans through spoken language. If animals could express their thoughts, emotions, needs, and experiences directly, human understanding of animal welfare would likely increase significantly. People might become more aware of the feelings and suffering experienced by animals, leading to changes in how animals are treated in homes, farms, laboratories, and natural habitats. Furthermore, communication with animals could provide valuable insights into animal behaviour, migration patterns, ecosystems, and environmental challenges. At the same time, the ability of animals to talk could create new ethical dilemmas regarding animal rights, legal protections, and the use of animals for food, entertainment, and research. Human society would need to reconsider many existing practices and develop new ways of interacting with other species. In addition, communication between humans and animals could foster greater empathy, cooperation, and appreciation for biodiversity. While the idea remains fictional, it encourages critical thinking about humanity's responsibilities toward other living creatures. Ultimately, imagining a world where animals can talk highlights the importance of respecting animal life and promoting harmonious coexistence between humans and the natural world.

Keywords: Animals, communication, animal rights, society, environment

HUMANITARIAN CRISES IN PALESTINE: CHALLENGES, CONSEQUENCES, AND THE NEED FOR GLOBAL ACTION

MUHAMMAD HAKIMI BIN AHMAD THADZUDDIN
Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

The humanitarian crisis in Palestine remains one of the most significant and complex challenges facing the international community. Decades of conflict, political instability, displacement, and restrictions on movement have affected the daily lives of millions of Palestinians, particularly in the Gaza Strip and the West Bank. This paper examines the humanitarian conditions experienced by Palestinian communities and explores their social, economic, and health-related consequences. Many families face difficulties in accessing adequate food, clean water, healthcare services, education, and secure housing. Frequent disruptions to essential infrastructure have further intensified living conditions and increased the vulnerability of children, women, the elderly, and persons with disabilities. In addition, prolonged exposure to conflict has contributed to psychological distress, trauma, and uncertainty regarding the future. Humanitarian organizations continue to provide emergency assistance, medical aid, and support services; however, the scale of need often exceeds available resources. The crisis has also highlighted the importance of international cooperation, humanitarian law, and peaceful conflict resolution in addressing the underlying causes of suffering. Understanding the humanitarian situation in Palestine is essential for promoting awareness, encouraging global solidarity, and supporting efforts aimed at protecting human dignity and fundamental rights. Ultimately, sustainable solutions require not only humanitarian assistance but also long-term commitments to peace, stability, and socio-economic development. Addressing these challenges is crucial to improving the quality of life of affected populations and fostering a more secure and hopeful future for Palestinian communities.

Keywords: Palestine, humanitarian crisis, displacement, human rights, conflict

HEALTHY WATER DRINKING PRACTICES: PROMOTING HYDRATION FOR BETTER HEALTH AND WELL-BEING

FREDDY PATRIC CLEMENT

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

Water is an essential component of human life and plays a vital role in maintaining overall health and well-being. Adequate water intake supports various bodily functions, including regulating body temperature, transporting nutrients, removing waste products, and maintaining healthy organ function. This paper discusses healthy water drinking practices and their importance in promoting a healthy lifestyle. Many individuals fail to consume sufficient amounts of water daily due to busy schedules, preference for sugary beverages, or a lack of awareness regarding hydration needs. Insufficient water intake can lead to dehydration, resulting in symptoms such as fatigue, headaches, reduced concentration, and decreased physical performance. Healthy hydration practices include drinking water regularly throughout the day, increasing fluid intake during physical activity and hot weather, and choosing water over sugar-sweetened beverages whenever possible. Additionally, individuals should pay attention to signs of dehydration and adjust their water consumption according to their age, health condition, and lifestyle. Developing consistent hydration habits can contribute to improved physical health, better cognitive function, and enhanced overall quality of life. Educational efforts that promote the importance of water consumption can help individuals make healthier choices and reduce the risk of health problems associated with inadequate hydration. In conclusion, practicing healthy water drinking habits is a simple yet effective way to support long-term health, improve daily functioning, and encourage healthier lifestyles across all age groups.

Keywords: Hydration, drinking water, healthy lifestyle, health, well-being

STOP FEELING INSECURE: BUILDING SELF-CONFIDENCE AND POSITIVE SELF-WORTH**JASON OLIVER JOHNNY****Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia****Abstract**

Insecurity is a common emotional experience that affects individuals of all ages and backgrounds. It often arises from self-doubt, fear of judgment, negative comparisons with others, past experiences, or unrealistic expectations imposed by society. This paper explores the causes of insecurity and discusses practical approaches to developing greater self-confidence and self-worth. In today's highly connected world, social media and constant exposure to carefully curated images of success can contribute to feelings of inadequacy and low self-esteem. Individuals who frequently compare themselves with others may become overly focused on their perceived weaknesses rather than recognizing their strengths and achievements. Furthermore, negative self-talk and fear of failure can prevent people from pursuing opportunities and reaching their full potential. Developing confidence requires a gradual process of self-acceptance, realistic goal setting, and positive personal growth. Strategies such as focusing on individual strengths, practicing self-compassion, maintaining supportive relationships, and celebrating small achievements can help individuals overcome feelings of insecurity. Building confidence also involves understanding that imperfections and mistakes are natural parts of life and personal development. By adopting healthier perspectives and developing resilience, individuals can improve their emotional well-being and strengthen their sense of identity. Ultimately, overcoming insecurity is not about becoming perfect but about learning to value oneself despite imperfections. A positive self-image enables individuals to face challenges with greater confidence, pursue meaningful goals, and lead more fulfilling lives.

Keywords: Insecurity, self-confidence, self-esteem, personal growth, resilience

THE IPHONE 20 PRO MAX: EXPLORING THE FUTURE OF SMARTPHONE INNOVATION

JOSHNOEL FRANCIS

Keningau Vocational College, Sabah, Malaysia

Abstract

The rapid advancement of mobile technology has transformed smartphones from simple communication devices into powerful tools for productivity, entertainment, education, and creativity. This paper explores the potential features, capabilities, and impact of the hypothetical iPhone 20 Pro Max as a representation of future smartphone innovation. As technology continues to evolve, consumers increasingly expect devices that offer enhanced performance, improved battery life, advanced artificial intelligence integration, and seamless connectivity across digital ecosystems. The iPhone 20 Pro Max is envisioned as a next-generation smartphone that incorporates cutting-edge technologies such as intelligent personal assistance, advanced computational photography, immersive augmented reality experiences, and highly efficient processing capabilities. In addition, future developments in display technology, security systems, and sustainable manufacturing practices are expected to improve both user experience and environmental responsibility. The device may also play a significant role in supporting education, remote work, digital communication, and content creation by providing users with faster, smarter, and more intuitive tools. Furthermore, innovations in health monitoring and wearable device integration could enhance personal well-being and daily convenience. As smartphones become increasingly central to modern life, understanding future technological trends is important for consumers, developers, and industry leaders. Overall, the iPhone 20 Pro Max symbolizes the continuing evolution of mobile technology and demonstrates how future smartphones may further transform the way people communicate, work, learn, and interact with the world around them.

Keywords: Smartphone, innovation, technology, artificial intelligence, future

BEYOND MEDICAL TREATMENT: THE TRANSFORMATIVE ROLE OF HEALING GARDENS IN PROMOTING MENTAL WELL-BEING AND PATIENT RECOVERY

Authors:

1. Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore. (Corresponding & Co-Author) omer.shujat@umt.edu.pk
2. Ar. Urwa Tariq, M. Arch UMT student & Professional Architect, Lahore. (Primary Author)

Abstract

Healing gardens have emerged as an important component of evidence-based healthcare design by integrating natural environments into medical settings to enhance patients' psychological and emotional well-being. While contemporary healthcare facilities primarily emphasize clinical treatment and technological interventions, healing gardens provide a complementary therapeutic environment that reconnects patients, visitors, and healthcare professionals with nature. This study explores the concept of healing gardens and examines their potential to improve the overall healthcare experience. It highlights how natural elements—including flowering plants, shade trees, water features, wildlife habitats, and sensory landscapes—can contribute to reducing stress, anxiety, and depression while promoting relaxation, emotional restoration, and mental well-being. Rather than serving as a direct treatment for physical illnesses, healing gardens create restorative environments that support the body's natural healing processes and improve the quality of patient care. The research further investigates key design considerations, including accessibility, user-centered planning, interactive outdoor spaces, and the incorporation of medicinal plants, all of which significantly influence the effectiveness of healing gardens. By emphasizing the integration of nature into healthcare environments, the study demonstrates that well-designed healing gardens can enhance patient satisfaction, foster psychological recovery, and contribute to more holistic and sustainable healthcare design practices.

Keywords: Healing gardens, Stress, Nature, Hospitals, Pakistan

HEALTH IMPORTANCE OF FIBROMA IN HIGH DAIRY COWS

MSc Ivanka HADŽIĆ¹, Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ²

¹Association of Trimmers, Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia, 11000 Belgrade, Serbia

redvanja@gmail.com, ORCID 0009-0005-3032-0173

²Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, 11000 Belgrade, Serbia

dripavlovic58@gmail.com, ORCID 0000-0003-4751-6760

Özet

Fibroma is a cattle hoof disease of multicausal etiology, to which producers still do not pay attention proportional to the negative effects it causes. The disease occurs as a result of: inadequate bedding in stables, positive genetic predisposition, pathogenic agents present in the environment (*Fusobacterium necrophorum*), mechanical injuries, irritation of the interpalp space and avitaminosis. Fibroma is a hyperplasia of the skin of the interpalp space in the form of pale pink to dark gray and brown callus. In the case of extremely large fibroids due to their positioning in the interpalatine space, luxation of one of the phalanges and their fracture is possible. Complications with fibroids can occur as digitalis dermatitis on the callus as well as mechanical injury to the callus itself. Fibroids mostly affect throats older than three years. Cows mostly get sick from older throats and the disease is mainly on the hind limbs. The clinical picture depends on the size of the fibroma and its degree of development. If the fibroma is in the initial stage (small size), the animal has no or undetermined symptoms. In the case of an enlarged fibroma, which can be quite common in the inflammatory stage, the animal's posture is disturbed due to the delay of the painful leg, movement is very difficult with the diseased limb being thrown to the side. Extremely severe cases of fibroma are accompanied by the appearance of lesions on the callus, an exudate with an extremely unpleasant smell and the animal lying down for a long time due to severe pain. This condition also makes it difficult to consume food, which results in a decrease in body weight and production characteristics. Treatment of the disease on an individual level is possible in the early stages of this disease, but the prognosis is uncertain.

Anahtar Kelimeler: fibroma, high dairy cows, pathology

SATURATION OF PLASMA PROTEIN BINDING

Parthasarathi.V^{*1}, Sriram.R¹, Dr.R.Devi²

1. Master Of Pharmacy 1st Year ,Department Of Pharmaceutics, Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research, Chennai, Tamilnadu, India
 2. Professor, Department of pharmaceutics, faculty of pharmacy, Bharath institute of higher education and research, Chennai, tamilnadu, India
- Corresponding author's: sarathi894010@gmail.com

Abstract:

Plasma protein binding occurs when drugs reversibly attach to blood proteins like albumin or alpha-1 acid glycoprotein. Only the unbound (free) fraction can exert pharmacological effects, distribute into tissues, or be metabolized. At higher drug doses, the limited binding sites on these proteins become saturated. When this happens, a larger percentage of the total drug remains free in the bloodstream. This sudden increase in free drug concentration can lead to several important clinical consequences. Nonlinear Pharmacokinetics The relationship between the dose given and the drug concentration in the body is no longer proportional. Increased Toxicity Risk Higher levels of active, unbound drug increase the risk of adverse effects. Faster Clearance Because only free drug is typically filtered by the kidneys or metabolized by the liver, saturation often increases the overall clearance rate and shortens the drug's half-life. For drugs with a narrow therapeutic index (such as certain anticoagulants or anti-seizure medications), storable binding can be highly dangerous because small dose increases cause disproportionately large spikes in active, free drug. Therefore, therapeutic drug monitoring for these medications often focuses on measuring the unbound concentration rather than the total concentration

Key Words : Nonlinear Pharmacokinetics, Plasma Protein Binding

ONYCHOMYCOSIS: FROM PATHOGENESIS TO NOVEL THERAPEUTIC STRATEGIES**Dr R Gowri, Dr A.Umar Faruksha, R.Esther Grace,G.Aarthi,E G.Perarasan,G.Ragul, I.Abiraj****GRT Institute of Pharmaceutical Education and Research,Tiruttani****Corresponding Author Email : gowripharmajaya@gmail.com****Introduction**

Onychomycosis is a chronic fungal infection of the nail unit and is one of the most common nail disorders worldwide, accounting for approximately 50% of all nail diseases. It is predominantly caused by dermatophytes, particularly *Trichophyton rubrum* and *Trichophyton mentagrophytes*, although yeasts and non-dermatophyte molds may also be implicated. The prevalence of onychomycosis is increasing due to aging, diabetes mellitus, immunosuppression, and lifestyle-related factors. Although rarely life-threatening, the disease significantly affects nail appearance, function, and quality of life. Early diagnosis and appropriate treatment are essential to prevent disease progression and recurrence.

Epidemiology

The prevalence of onychomycosis ranges from 5–20% globally and is higher among older adults, diabetic patients, immunocompromised individuals, and those with repeated nail trauma or prolonged exposure to moist environments.

Pathogenesis

Fungal pathogens invade the nail plate by producing keratin-degrading enzymes, resulting in nail discoloration, thickening, brittleness, and onycholysis. Disease progression depends on both fungal virulence and host immune response.

Diagnosis

Diagnosis is confirmed using potassium hydroxide (KOH) microscopy, fungal culture, histopathology, or molecular diagnostic techniques. Accurate diagnosis helps distinguish onychomycosis from other nail disorders and guides appropriate therapy.

Treatment

Management includes topical antifungal agents for mild disease and oral antifungals, particularly terbinafine, for moderate to severe infections. Recent advances such as laser therapy and nanotechnology-based drug-delivery systems have shown promising therapeutic potential.

Conclusion

Onychomycosis remains a common and persistent fungal infection with considerable clinical and cosmetic consequences. Advances in diagnostic methods and antifungal therapies have improved treatment outcomes; however, early diagnosis, patient adherence, and preventive measures remain essential for successful management and reducing recurrence.

Keywords: Onychomycosis, *Trichophyton rubrum*, immunosuppression.

ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY AND PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION BEFORE RETURNING TO SPORT: ASSESSMENT IN AMATEUR AND PROFESSIONAL ATHLETES

Ilvi Begolli 1.Dhimitraq Skenderi 1.

University of Sports, Tirana, ilvi.begolli@gmail.com 0000-0002-6984-6675

University of Sports, Tirana, dhimitraq.skenderi@gmail.com

Introduction:

The Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury most commonly affects athletes, but it does not exclude other parts of the population, including recreational athletes and the general public. According to foreign literature, ACL injury is one of the most frequent knee injuries, particularly for athletes. Some of the symptoms reported by patients include reduced knee mobility, instability, and significant joint effusion, among others.

Objective:

To create an overview and determine the prevalence, demographic distribution, age, and gender of individuals with Anterior Cruciate Ligament injuries among athletes.

Materials and Methods:

The logical test, after being designed, was distributed electronically to athletes, both professional and amateur, active in sports. The age group involved in the study consisted of subjects aged 18-35 years who self-assessed possible knee injuries. The selection of this age group is entirely related to the active sports age and biological factors. The selection was carried out randomly.

Results:

Among the subjects included in the study, there was a predominance of the male gender, with 86%. According to the self-assessment questionnaire, it was noted that 58% of the 316 participants reported at least one knee injury, of which 39% referred to an injury of the Anterior Cruciate Ligament.

Conclusions:

Unilateral Anterior Cruciate Ligament injury is one of the most common injuries among individuals who engage in sports, especially those who play football. The average recovery time after the start of physiotherapy treatment has been shown to be several months. A quick return to sports without the appropriate tests is associated with a second injury in patients.

Keywords: anterior cruciate ligament, sports injury, physiotherapy, rehabilitation, return to sport, re-injury, epidemiology

1. Introduction

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is among the most frequently encountered knee injuries in sports medicine, accounting for nearly half of all knee injuries in athletic populations (1). In the United States, an estimated 80,000–120,000 ACL injuries are reported annually, with an incidence ranging from approximately 30 to 78 cases per 100,000 person-years (1). Female athletes are disproportionately affected, with a reported female-to-male injury ratio of approximately 4.5:1 (1,2).

The ACL and posterior cruciate ligament (PCL) cross one another within the knee joint in an "X" configuration, together governing anteroposterior knee stability. The ACL itself runs diagonally through the joint, preventing anterior translation of the tibia relative to the femur and providing rotational stability. Injury commonly arises from non-contact mechanisms such as sudden deceleration and directional change (cutting), pivoting on a planted foot, awkward landings from a jump, or sudden stopping, though direct trauma — such as a football or rugby tackle — can also be causative. Notably, the majority of ACL tears occur without direct impact.

Given the high incidence of ACL injury and its long recovery trajectory, understanding how athletes actually experience rehabilitation and return to sport — rather than relying solely on protocol-based expectations — is essential to improving outcomes. This study aimed to characterize the demographic profile of athletes affected by ACL injury and to examine real-world patterns of rehabilitation, return to sport, testing prior to return, and re-injury among amateur and professional athletes.

2. Clinical Background

2.1 Symptoms

ACL injury typically presents with severe pain and inability to continue activity, swelling that develops within 24 hours of injury, loss of full range of motion, a sensation of instability or the knee "giving way," tenderness along the joint line, difficulty walking, and hemarthrosis.

2.2 Diagnosis

Diagnosis relies primarily on clinical examination. In acute presentations, large hemarthrosis accompanied by a positive Lachman test is characteristic; in chronic cases, a positive Lachman test together with a positive pivot shift or jerk test is typical. The anterior drawer sign, although sometimes present, is considered unreliable and should not be used as a primary diagnostic criterion. Imaging findings may include the lateral capsular sign and, in young patients, avulsion of the tibial spine. Magnetic resonance imaging (MRI) is particularly useful in the acute setting to confirm diagnosis and assess for concomitant injury, with reported accuracy as high as 95% for detecting ACL tears. Differential diagnosis in acute cases includes osteochondral fracture, peripheral meniscal tear, and patellar dislocation; in chronic cases, other forms of ligamentous laxity or meniscal tears must be considered.

2.3 Treatment

In the acute setting, the knee may initially be managed symptomatically with repeated evaluation over the first 2–3 weeks. However, most patients engaged in agility-based sport ultimately require surgical reconstruction, typically delayed at least three weeks post-injury to allow swelling to subside and range of motion to improve. Mild laxity with a firm endpoint (partial ACL injury), in the absence of other associated injury, may be managed with a PRICE-based protocol, functional rehabilitation, and protective bracing; however, apparent partial injuries frequently progress to complete tears. Chronic ACL insufficiency may be managed through functional stabilization involving rehabilitation, bracing, and lifestyle modification, though surgical reconstruction is often ultimately required. Non-surgical management is generally selected by older patients (over 40 years)

discontinuing sport participation, while surgical reconstruction is typically pursued by younger patients seeking to maintain their pre-injury activity level.

2.4 Return-to-Sport Testing

Physical therapy is considered critical to both surgical and non-surgical recovery and remains the most effective intervention available for restoring strength, range of motion, and patient satisfaction. Before athletes are cleared to return to sport, a battery of tests is recommended, encompassing muscle strength evaluation, hop testing, and movement quality assessment, alongside consideration of psychological readiness.

Muscle strength may be assessed via manual testing, isokinetic dynamometry, hand-held dynamometry, or leg press/extension equipment, with the Limb Symmetry Index (LSI) serving as the standard metric — a 90% threshold for recreational, non-pivoting sport, and a 100% threshold considered mandatory for pivoting, contact, or competitive athletes. However, only approximately 14% of patients achieve a 100% LSI for strength at two years after ACL reconstruction (ACLR), raising concerns about the clinical feasibility of this benchmark, and about the underlying assumption that the uninjured limb represents an unaffected reference.

Hop testing (single hop for distance, triple hop for distance, triple cross-over hop, and 6-meter timed hop) applies similar LSI thresholds, though reliance on LSI for hop testing may underestimate genuine performance deficits.

Movement quality assessment, incorporating kinematic and kinetic evaluation, has revealed that patients who pass strength and hop testing may nonetheless exhibit abnormal landing kinematics in the injured limb, with between-limb deficits in loading parameters persisting beyond nine months after ACLR. Biomechanical evaluation should therefore supplement, rather than replace, strength- and hop-based testing.

Psychological readiness is itself an independent predictor of successful return to pre-injury sport levels, with fear of re-injury representing a persistent barrier. Based on the available literature, RTS testing should not be conducted before nine months from surgery.

3. Aim of the Study

The aim of this study was to create an overview and determine the prevalence, demographic distribution, age, and gender of individuals with anterior cruciate ligament injuries among athletes.

4. Materials and Methods

A structured self-assessment questionnaire was designed and distributed electronically to athletes, both professional and amateur, actively engaged in sport. The target age group comprised individuals aged 18–35 years who self-assessed possible knee injuries; this age range was selected specifically for its relevance to active sport participation and associated biological factors. Respondent selection was conducted randomly.

5. Results

5.1 Demographic Characteristics

A total of 316 respondents completed the age and gender sections of the questionnaire.

Age distribution:

Age group	Responses	Percentage
15–20	92	29.11%
21–25	70	22.15%
26–30	53	16.77%
31–35	43	13.61%
>35	58	18.35%
Total	316	100%

Gender distribution:

Gender	Responses	Percentage
Female	43	13.61%
Male	273	86.39%
Total	316	100%

5.2 Level of Sport Activity

Of 318 respondents, 52.70% (n = 166) identified as amateur athletes and 48.25% (n = 152) as professional athletes.

5.3 Rehabilitation Approach

Among 167 respondents who reported a knee injury and answered this item, 47.56% (n = 78) underwent physiotherapeutic rehabilitation alone, 31.71% (n = 52) underwent surgical intervention followed by physiotherapy, and 22.56% (n = 37) reported receiving no treatment.

5.4 Return to Sport

Of 144 respondents, 68.53% (n = 98) reported returning to sport at the same pre-injury level, while 32.17% (n = 46) did not.

Among 143 respondents, 68.53% (n = 98) reported undergoing special testing before returning to sport, while 31.47% (n = 45) did not.

Time to return to sport (n = 143):

Time to return	Responses	Percentage
3 months	62	43.97%
6 months	34	24.11%
9 months	13	9.22%
12 months	17	12.06%
Did not return	17	12.06%
Total	143	100%

5.5 Re-Injury

Among 143 respondents, 19.01% (n = 27) reported re-injury of the same knee, while 81.69% (n = 116) did not.

Time to second injury after return to sport (n = 31):

Time to second injury	Responses	Percentage
3 months	11	35.48%
6 months	4	12.90%
9 months	6	19.35%
12 months	6	19.35%
2 years	4	12.90%
Total	31	100%

5.6 Summary of Findings

Among the 316 subjects included in the study, male respondents predominated (86%). Based on the self-assessment questionnaire, 58% of the 316 participants reported at least one knee injury, of which 39% specifically involved the anterior cruciate ligament.

6. Discussion

The demographic profile of this cohort — predominantly young (under 30 years of age in the majority of cases) and overwhelmingly male — is broadly consistent with populations typically represented in ACL injury research, football in particular, although it diverges from the female-predominant injury ratio reported in the wider epidemiological literature (approximately 4.5:1 female-to-male) (1,2). This divergence likely reflects the composition of the sampled athlete population rather than a contradiction of established sex-based risk differences, and should be interpreted with caution given the self-selected, survey-based sampling method.

Nearly one in four injured respondents (22.6%) reported receiving no treatment following injury, a finding of concern given the well-documented association between inadequate rehabilitation and elevated re-injury risk. Similarly, while 68.5% of respondents underwent special testing before returning to sport, this leaves a substantial minority — just under a third — who returned without such assessment, a pattern the literature consistently associates with higher rates of second injury.

The observed re-injury rate of 19% in this cohort, while lower than the up-to-40% rate reported among athletes under 20 in prior literature (3), remains clinically significant, particularly given that over a third of second injuries in this study occurred within just three months of return to sport. This clustering of early re-injury lends support to the recommendation that RTS testing — and the corresponding clearance to return — should not occur prematurely, and that psychological readiness, biomechanical symmetry, and functional testing should all be weighed before an athlete resumes competitive activity.

Notably, 44% of respondents in this study returned to sport within just 3 months of injury — a timeline substantially shorter than the 9-month minimum increasingly recommended in the literature before RTS testing is even undertaken (4,5). This gap between real-world practice and evidence-based recommendations may partly explain the elevated re-injury rate observed, and highlights an area where clinical education and athlete/coach awareness could meaningfully improve outcomes.

7. Conclusion

Unilateral anterior cruciate ligament injury remains one of the most common injuries among individuals engaged in sport, particularly footballers. The average recovery time following the initiation of physiotherapy treatment has been shown to span several months, and a premature return to sport without appropriate testing is associated with an elevated risk of second injury.

Following ACL reconstruction, the proportion of athletes who successfully return to their pre-injury level of sport remains low and, by the standards of athlete and clinician expectations, disappointing. Second ACL injury rates among athletes under the age of 20 have been reported in the literature to reach as high as 40% after return to sport; in the present study, 19% of respondents reported a second injury. Taken together with the finding that a substantial proportion of athletes return to sport without adequate testing or within timelines shorter than currently recommended, these results reinforce that validated, comprehensive return-to-sport criteria following ACL reconstruction remain lacking, and that closing this gap should be a priority for both clinical practice and future research.

References

- J, Mabrouk A, Nielson JL. Anterior Cruciate Ligament Knee Injury. [Updated 2023 Nov 17]. In: *StatPearls*[Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–.
- Gans I, Retzky JS, Jones LC, Tanaka MJ. Epidemiology of Recurrent Anterior Cruciate Ligament Injuries in National Collegiate Athletic Association Sports: The Injury Surveillance Program, 2004–2014. *Orthop J Sports Med*. 2018 Jun 13;6(6):2325967118777823. doi: 10.1177/2325967118777823.
- Meredith SJ, Rauer T, Chmielewski TL, Fink C, Diermeier T, Rothrauff BB, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020 Aug;28(8):2403-2414. doi: 10.1007/s00167-020-06009-1.
- Gokeler A, Dingenen B, Hewett TE. Rehabilitation and Return to Sport Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Where Are We in 2022? *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022 Jan 28;4(1):e77-e82. doi: 10.1016/j.asmr.2021.10.025.
- Jenkins SM, Guzman A, Gardner BB, Bryant SA, Del Sol SR, McGahan P, Chen J. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022 Jun;15(3):170-179. doi: 10.1007/s12178-022-09752-9.
- Figueroa D, Arce G, Espregueira-Mendes J, Maestu R, Mosquera M, Williams A, et al. Return to sport soccer after anterior cruciate ligament reconstruction: ISAKOS consensus. *J ISAKOS*. 2022 Dec;7(6):150-161. doi: 10.1016/j.jisako.2022.08.004.

THE ROLE OF PHYSIOTHERAPEUTIC REHABILITATION IN SAFE RETURN TO SPORT FOLLOWING ATHLETIC INJURY: A NARRATIVE REVIEW WITH FOCUS ON ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

Ilvi Begolli 1.Dhimitraq Skenderi 1.

University of Sports, Tirana, ilvi.begolli@gmail.com 0000-0002-6984-6675

University of Sports, Tirana, dhimitraq.skenderi@gmail.com

Background: Sports-related joint injuries, including anterior cruciate ligament (ACL) tears, rotator cuff injuries, and ankle sprains, are among the leading causes of functional limitation and time lost from athletic participation. Inadequate rehabilitation may result in persistent joint instability, reduced neuromuscular control, recurrent injury, and decreased athletic performance.

Objective: To highlight the role of physiotherapeutic rehabilitation in restoring joint function, reducing reinjury risk, and facilitating a safe and effective return to sport following sports-related joint injuries.

Methods: This presentation is based on a review of recent literature focusing on evidence-based physiotherapy interventions for sports injuries involving major joints such as the knee, shoulder, and ankle. Emphasis is placed on rehabilitation strategies that promote functional recovery and long-term joint stability.

Results: Current evidence supports structured and individualized rehabilitation programs that include pain and inflammation control, restoration of range of motion, progressive muscle strengthening, proprioceptive training, and neuromuscular control exercises. Incorporating sport-specific functional training in the later stages of rehabilitation significantly improves return-to-sport outcomes and reduces reinjury rates. A multidisciplinary approach involving physicians, physiotherapists, and coaches further enhances recovery and performance sustainability.

Conclusion: Physiotherapeutic rehabilitation is a critical component in the management of sports-related joint injuries. Evidence-based, phase-oriented, and individualized rehabilitation protocols are essential to ensure optimal functional recovery, safe return to sport, and long-term joint health.

Keywords: sports injury, physiotherapy, rehabilitation, anterior cruciate ligament, return to sport, limb symmetry index

1. Introduction

Sports injuries are a common consequence of athletic participation, affecting both competitive and recreational athletes. In the United States alone, an estimated 3.5 million sports injuries occur annually among youth athletes (1). Beyond their immediate physical impact, such injuries carry substantial implications for long-term health, athletic career longevity, and psychological wellbeing when recovery is inadequate or poorly managed.

Evidence suggests that approximately 50% of sports injuries are preventable through appropriate conditioning and rehabilitation strategies, while athletes who bypass structured rehabilitation experience re-injury within twelve months at a rate of approximately 30% (1). The most frequently reported injury categories include ligament sprains (e.g., ACL, MCL), muscle strains and tears, stress fractures, tendinopathies (Achilles, patellar), shoulder dislocations, and concussions.

Physiotherapeutic rehabilitation is a central determinant of recovery outcomes, addressing not only the physical restoration of tissue but also the neuromuscular and psychological dimensions of return to activity. The purpose of this review is to: first, to describe the structure and evidence base of physiotherapeutic rehabilitation following sports injury; and second, to examine anterior cruciate ligament (ACL) injury as a representative and well-studied case, given its high incidence, its established rehabilitation pathway, and the ongoing debate surrounding appropriate return-to-sport criteria.

2. Physiotherapeutic Rehabilitation: Definition and Framework

Physiotherapy rehabilitation can be defined as a structured, evidence-based process that restores function, strength, and mobility following injury, addressing physical, neuromuscular, and psychological dimensions of recovery in preparation for full, safe return to sport. Rather than representing a discrete endpoint, rehabilitation functions as preparatory work toward renewed athletic performance.

The rehabilitation process is commonly organized around four interrelated components:

1. **Assessment** — biomechanical analysis, pain evaluation, and functional testing;
2. **Treatment** — manual therapy, electrotherapy, and individualized exercise prescription;
3. **Conditioning** — development of strength, flexibility, proprioception, and endurance;
4. **Return Protocol** — progressive loading, sport-specific drills, and formal clearance testing.

2.1 Phases of Rehabilitation

Rehabilitation programs are typically staged across four temporally defined phases:

Phase	Timeframe	Primary Objectives
1. Acute Protection	& 0–72 hours	Control inflammation and pain; apply RICE protocol and modalities; protect injured structures; maintain range of motion
2. Subacute Repair	& Days 3–21	Restore joint mobility; initiate gentle strengthening; promote neuromuscular activation; reduce scar tissue formation
3. Strengthening	Weeks 3–8	Progressive resistance training; core and stability work; sport-specific movement patterns; cardiovascular conditioning
4. Return to Sport	Week 8+	Functional movement testing; sport-specific drills; assessment of psychological readiness; formal clearance criteria

2.2 Therapeutic Modalities

A range of interventions is employed across these phases, including manual therapy (joint mobilization, soft tissue manipulation, and massage), individualized exercise therapy targeting strength, flexibility, endurance, and neuromuscular control, electrotherapy (TENS, ultrasound, laser) for pain modulation and tissue healing, proprioceptive training (balance boards, perturbation training) to restore joint position sense, hydrotherapy for early weight-bearing movement with reduced joint loading, and taping or bracing to provide joint stability and sensory feedback.

3. Evidence Comparing Rehabilitation With Its Absence

Comparative data underscore the clinical significance of structured rehabilitation (Table 1).

Table 1. Reported outcomes with and without physiotherapy rehabilitation following sports injury.

Outcome	With Rehabilitation	Without Rehabilitation
Full functional recovery	85–95% of cases	—
Re-injury risk	Reduced by up to 60%	2–3× higher
Return-to-sport timeline	~40% faster on average	Delayed / complicated
Chronic pain	Reduced	Develops in 30–40% of patients
Movement patterns	Improved biomechanics	Compensatory patterns and muscle imbalance
Surgical intervention	Reduced likelihood	Higher rates required
Career outcome	Preserved	Career-ending complications more likely

These associations, while derived from heterogeneous sources, consistently support rehabilitation as a modifiable factor in both short-term recovery and long-term musculoskeletal outcomes.

4. The Physiotherapist's Multidimensional Role

Within sports recovery, the physiotherapist functions across several concurrent roles: as **clinician**, diagnosing movement dysfunction and prescribing therapeutic interventions; as **coach**, designing progressive conditioning programs; as **educator**, informing athletes and stakeholders about injury mechanisms and prevention; as **collaborator**, working within multidisciplinary teams including physicians, nutritionists, and sport psychologists; as **advocate**, prioritizing the athlete's long-term health over short-term performance pressure; and as **researcher**, applying and contributing to evidence-based practice.

5. Case Illustration: Anterior Cruciate Ligament Injury

5.1 Anatomical and Mechanistic Background

The ACL and posterior cruciate ligament (PCL) cross within the knee joint in an "X" configuration, regulates anteroposterior knee motion. The ACL runs diagonally through the joint, preventing anterior tibial translation relative to the femur and contributing rotational stability. ACL tears are among the most frequent sport-related injuries and typically result from non-contact mechanisms, sudden deceleration and directional change (cutting), pivoting on a planted foot, awkward jump landings, or sudden stopping, although direct impact, such as in football or rugby, can also be risk factors. The majority of ACL tears occur in the absence of direct contact (2).

5.2 Clinical Presentation

Typical ACL tear includes acute pain with inability to continue activity, swelling developing within 24 hours, restricted range of motion, subjective instability or "giving way," joint-line tenderness, difficulty walking, and hemarthrosis.

5.3 Diagnosis

Clinical diagnosis relies primarily on the Lachman test, which is positive in both acute (associated with large hemarthrosis) and chronic presentations; chronic cases may additionally show a positive pivot shift or jerk test. The anterior drawer sign is considered unreliable and should not be used as a primary diagnostic criterion. Magnetic resonance imaging (MRI) is reported with a diagnostic accuracy as high as 95% for ACL tears, and is particularly useful for evaluating concomitant injury to other knee structures. Differential diagnosis in the acute cases includes osteochondral fracture, peripheral meniscal tear, and patellar dislocation; in chronic presentations, differentiation from other forms of ligamentous laxity or meniscal pathology is required.

5.4 Management

Management strategy depends on injury chronicity and patient activity profile. In acute cases, symptomatic management with repeated evaluation over the initial 2–3 weeks may be appropriate for select patients, though most individuals engaged in agility-based sport ultimately require surgical reconstruction, generally delayed at least three weeks post-injury to allow resolution of swelling and improvement in range of motion. Mild laxity with a firm endpoint (partial ACL injury), absent other associated injury, may be managed with a PRICE-based protocol, functional rehabilitation, and protective bracing; however, apparent partial injuries frequently progress to complete tears. Chronic ACL insufficiency may be addressed through functional stabilization via rehabilitation, bracing, and activity modification, though surgical reconstruction is often ultimately required. Non-surgical management is generally reserved for older patients (>40 years) discontinuing sport participation, whereas surgical reconstruction is typically indicated for younger patients intending to maintain pre-injury activity levels.

5.5 Return-to-Sport Testing

Regardless of management pathway, physical therapy is considered critical to recovery and remains the most effective intervention available to clinicians for restoring strength, range of motion, and patient satisfaction (3). A battery of tests is recommended prior to return to sport (RTS):

Muscle strength evaluation may be conducted via manual testing, isokinetic dynamometry (accurate but resource-intensive), hand-held dynamometry, or leg press/extension equipment. The prevailing benchmark is the Limb Symmetry Index (LSI), with a 90% threshold generally applied to recreational, non-pivoting sport, and a 100% threshold considered mandatory for knee extensor and flexor strength in pivoting, contact, or competitive athletes. However, this criterion is difficult to achieve in practice: only approximately 14% of patients reach a 100% LSI for strength at two years post-ACLR, raising questions about its feasibility as a routine clinical benchmark (4). Furthermore, the LSI methodology assumes the contralateral (uninjured) limb represents an unaffected reference, an assumption that may not always hold.

Hop testing — including the single hop for distance, triple hop for distance, triple cross-over hop, and 6-meter timed hop — applies the same LSI thresholds. However, reliance on LSI-based hop testing may underestimate genuine performance deficits, and results should be interpreted cautiously as an RTS criterion (4).

Movement quality assessment, incorporating kinematic and kinetic evaluation, has identified that patients who successfully pass strength and hop testing may nonetheless exhibit abnormal landing kinematics in the injured limb. Between-limb deficits in eccentric and concentric loading parameters have been shown to persist beyond nine months post-ACLR (5), suggesting that biomechanical evaluation should supplement — rather than be replaced by — strength- and hop-based testing in RTS decision-making.

Psychological readiness constitutes an independent predictor of successful return to pre-injury sport levels following ACLR, with fear of re-injury representing a persistent and clinically significant barrier (5). Current evidence indicates that RTS testing should not be conducted earlier than nine months following surgery (2,5).

6. Discussion

Taken together, the evidence reviewed here reinforces the centrality of structured physiotherapeutic rehabilitation to safe return to sport across injury types, while also highlighting specific limitations in current RTS decision-making frameworks — particularly in the context of ACL reconstruction. Despite widespread use of LSI-based strength and hop testing, achievement of symmetrical strength remains uncommon even years after surgery, and biomechanical asymmetries frequently persist despite athletes clearing conventional testing thresholds. This discrepancy suggests that single-domain criteria (e.g., strength alone) are insufficient, and that RTS decisions should integrate strength, functional hop performance, biomechanical movement quality, and psychological readiness as complementary rather than interchangeable measures.

The persistence of elevated second-injury rates — reported as high as 40% among athletes under 20 years of age following RTS — further underscores the inadequacy of current criteria in fully capturing an athlete's true readiness for competitive return (2). This gap represents an important direction for future research, particularly regarding the standardization and validation of multidimensional RTS protocols.

7. Conclusion

Unilateral ACL injury remains among the most common injuries affecting athletes, particularly footballers, with physiotherapy recovery typically spanning several months. Premature return to sport without appropriate testing is associated with elevated second-injury risk. Despite advances in surgical and rehabilitative technique, the proportion of athletes successfully returning to pre-injury competitive levels remains low, and validated, comprehensive RTS criteria after ACLR remain lacking.

References

1. Figueroa D, Arce G, Espregueira-Mendes J, Maestu R, Mosquera M, Williams A, et al. Return to sport soccer after anterior cruciate ligament reconstruction: ISAKOS consensus. *J ISAKOS*. 2022 Dec;7(6):150-161. doi: 10.1016/j.jisako.2022.08.004.
2. Jenkins SM, Guzman A, Gardner BB, Bryant SA, Del Sol SR, McGahan P, Chen J. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022 Jun;15(3):170-179. doi: 10.1007/s12178-022-09752-9.
3. Gokeler A, Dingenen B, Hewett TE. Rehabilitation and Return to Sport Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Where Are We in 2022? *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022 Jan 28;4(1):e77-e82. doi: 10.1016/j.asmr.2021.10.025.
4. Meredith SJ, Rauer T, Chmielewski TL, Fink C, Diermeier T, Rothrauff BB, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020 Aug;28(8):2403-2414. doi: 10.1007/s00167-020-06009-1.

ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILES OF GRAM-NEGATIVE UROPATHOGENS ISOLATED FROM INFERTILE FEMALES WITH URINARY TRACT INFECTIONS

Mariam Noreen, Waheed Ullah

Presenting Author: Mariam Noreen

Email: mariamktk.4@gmail.com

Corresponding Author: Dr. Waheed Ullah

Email: waheedwazir@kust.edu.pk

Department of Microbiology, Kohat University of Science & Technology Kohat-26000, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Abstract

Urinary tract infections (UTIs) are among the most common bacterial infections affecting women and may contribute to reproductive health complications, including infertility. Gram-negative bacteria are the predominant causative agents of UTIs, and the increasing prevalence of antimicrobial resistance (AMR) has made their management increasingly challenging. This study aimed to determine the antibiotic resistance profiles of Gram-negative uropathogens isolated from infertile females presenting with UTIs. A cross-sectional laboratory based study was conducted on urine samples collected from infertile female patients clinically suspected of having UTIs. Midstream urine samples were cultured on standard bacteriological media, and isolates were identified using colony morphology, Gram staining, and conventional biochemical tests. Antibiotic susceptibility testing was performed using the Kirby Bauer disk diffusion method on Mueller Hinton agar according to CLSI guidelines. Gram-negative bacteria were the predominant uropathogens isolated from urine samples. *E. coli* was the most frequently isolated organism, followed by *P. aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Citrobacter*, and *K. pneumoniae*, and. High levels of resistance were observed against commonly prescribed antibiotics, including ampicillin, trimethoprim-sulfamethoxazole, and cefuroxime. In contrast, carbapenems, amikacin, and nitrofurantoin demonstrated comparatively higher effectiveness against most isolates. The presence of MDR strains highlighted the growing challenge of empirical antibiotic therapy. Gram-negative uropathogens isolated from infertile females with UTIs exhibited considerable resistance to commonly used antibiotics. Continuous surveillance of AMR patterns and routine culture based susceptibility testing are essential to guide appropriate antibiotic therapy, minimize treatment failure, and improve reproductive health outcomes in this patient population.

Keywords: Urinary Tract Infections, MDR, CLSI, *E. coli*

AN ADVANCED FACE AGING AND RECOGNITION SYSTEM FOR MISSING PERSONS IDENTIFICATION USING DIFFUSION MODELS AND VISION TRANSFORMERS

MSDS (MS in Data Science)

Prepared By

Wajahat Ali (DS320222004)

**INSTITUTE OF COMPUTING KOHAT UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY,
KOHAT, PAKISTAN 2026
SUPERVISOR APPROVAL**

This thesis titled "An Advanced Face Aging and Recognition System for Missing Persons Identification Using Diffusion Models and Vision Transformers" has been prepared by Wajahat Ali (DS320222004) under our supervision and is approved for submission to the Institute of Computing, Kohat University of Science & Technology, in partial fulfillment of the requirements for the degree of MS in Data Science.

Supervisor-I: Dr. M. Altaf Khan

Institute of Computing, KUST, Kohat

Supervisor-II: Dr. Sana Ullah Khan

Institute of Computing, KUST, Kohat

Director: Dr. Amjad Mehmood

Institute of Computing, KUST, Kohat

Institute of Computing Kohat University of Science & Technology, Kohat-26000, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Abstract

The identification of missing persons is a critical humanitarian challenge requiring rapid, accurate, and scalable solutions. A major obstacle is the temporal appearance gap between archival photographs and a person's current appearance after years of aging, hardship, or displacement. This research develops an ethically grounded face aging and recognition framework combining identity-preserving aging synthesis with CNN- and transformer-based recognition. The framework was implemented using four benchmark datasets, namely CACD, FG-NET, AgeDB, and MORPH Album 2, with 222,420 images initially loaded and a filtered practical dataset of 10,062 images selected for training and evaluation. A ResNet-50 baseline achieved 80.76% classification accuracy and TAR@FAR=0.001 of 0.9074, while the Swin Transformer achieved 54.48% accuracy under the same filtered-data setting. Although the transformer model did not outperform the CNN baseline, aging synthesis increased the average maximum cosine similarity from 0.5904 to 0.6932, indicating improved feature alignment between aged and probe representations. The Identity-Preserving Diffusion Model achieved strong biometric preservation with identity similarity of 0.9988 and Age MAE of 9.70 years. The updated practical implementation further introduced a Residual Aging Generator, which achieved identity similarity of 0.9949 and reduced Age MAE to 2.64 years, and a physical aging engine whose evaluation showed increasing pixel difference and decreasing SSIM/PSNR as target age increased. Fairness analysis revealed performance disparities across age groups, gender groups, and dataset sources, emphasizing the need for balanced data and continuous bias monitoring. The proposed framework is therefore positioned as an assistive, human-in-the-loop tool rather than a fully automated identification system.

ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT AS A STRATEGY FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE GROWTH IN INDONESIA

Pramadyatama Isriezha

UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Faculty of Islamic Economic and Business, Pekalongan,
pramadya20@gmail.com ORCID : 0009-0003-9630-6783

Abstract

Islamic economic development has emerged as an alternative framework for addressing economic inequality, poverty, and social welfare challenges in developing countries. Unlike conventional development models that primarily focus on economic growth indicators, Islamic economic development integrates material prosperity with ethical, social, and spiritual dimensions. This study examines the role of Islamic economic principles in promoting inclusive and sustainable development in Indonesia. The research employs a qualitative descriptive approach through literature review and analysis of relevant economic policies, academic publications, and institutional reports.

The findings indicate that Islamic economic development emphasizes the achievement of maqashid al-shariah, which seeks to protect and enhance human welfare through justice, equitable wealth distribution, and social responsibility. Instruments such as zakat, waqf, Islamic microfinance, and profit-sharing mechanisms contribute significantly to poverty alleviation, financial inclusion, and community empowerment. Furthermore, the integration of Islamic financial institutions with national development strategies can strengthen economic resilience and reduce socioeconomic disparities. Indonesia, as the country with the largest Muslim population in the world, possesses substantial potential to utilize Islamic economic instruments to support sustainable development goals and improve social welfare.

The study concludes that Islamic economic development offers a comprehensive and value-based approach to economic progress by balancing efficiency, equity, and moral responsibility. Strengthening institutional governance, public awareness, and policy support is essential to maximize the contribution of Islamic economics to national development. Therefore, the implementation of Islamic economic principles can serve as an effective strategy for achieving inclusive, sustainable, and socially just economic growth in Indonesia.

Keywords: Islamic Economic Development, Maqashid al-Shariah, Sustainable Development, Financial Inclusion, Indonesia.

THE ROLE OF RELIGIOUS VALUES IN THE PROCESS OF SOCIAL CHANGE

Agista Eka Pratiwi

1Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

1ORCID ID: agista.eka.pratiwi25174@mhs.uingusdur.ac.id

Muhammad Adhie Massardy

2Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

2ORCID ID: Mmassardy@gmail.com

Abstract

Religious values play an important role in shaping social life and influencing the process of social change within society. Religion is not only a system of beliefs and worship but also a source of moral guidance that regulates individual and collective behavior. This study aims to examine the role of religious values in the process of social change and how these values contribute to the development of social norms, cultural adaptation, and community transformation. The method used in this study is a qualitative literature review, drawing upon various sociological theories and previous research related to religion and social change.

The findings indicate that religious values function as both a driving force and a controlling mechanism in social change. As a driving force, religion encourages social solidarity, ethical behavior, education, social justice, and community development. Religious teachings often inspire individuals and groups to initiate positive reforms in response to social, economic, and cultural challenges. At the same time, religious values act as a controlling mechanism by preserving social stability, maintaining moral order, and preventing rapid changes that may threaten societal harmony.

Furthermore, the interaction between religion and modernization demonstrates that religious values are capable of adapting to changing social conditions without losing their fundamental principles. Religious institutions frequently participate in addressing contemporary issues such as poverty, environmental sustainability, technological advancement, and social inequality. Therefore, religion remains a significant social institution that influences both continuity and transformation within society.

In conclusion, religious values have a substantial role in the process of social change by providing ethical direction, strengthening social cohesion, and facilitating constructive adaptation to evolving social realities. Their influence continues to be relevant in promoting balanced and sustainable social development in modern societies.

Keywords: religious values, social change, religion, social development, social transformation, modernization.

THE EFFECTIVENESS OF THE PROFIT-SHARING SYSTEM AS AN ALTERNATIVE TO THE INTEREST-BASED SYSTEM: AN ISLAMIC ECONOMICS PERSPECTIVE

Eva Tia Putri

evatiaputri@gmail.com

UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economic, Central Java, Indonesian

Abstract

The profit-sharing system is one of the fundamental principles in Islamic economics that serves as an alternative to the interest-based financial system. Unlike interest, which guarantees a predetermined return regardless of business outcomes, profit-sharing mechanisms such as mudharabah and musyarakah are based on risk-sharing, justice, and mutual cooperation between capital providers and entrepreneurs. This study aims to analyze the effectiveness of the profit-sharing system as an alternative to the interest system from the perspective of Islamic economics. Using a qualitative approach through library research, this study examines various theoretical and empirical literature related to Islamic finance, profit-sharing contracts, and the economic implications of interest-based transactions. The findings indicate that the profit-sharing system promotes a more equitable distribution of wealth, encourages productive investment, and strengthens the alignment of interests between investors and business operators. Furthermore, it reflects the core Islamic economic values of justice (adl), transparency, and social welfare (maslahah). However, the implementation of profit-sharing schemes faces several challenges, including information asymmetry, moral hazard, higher monitoring costs, and limited public understanding of Islamic financial principles. Despite these obstacles, the profit-sharing system remains a viable and sustainable alternative to conventional interest-based financing, particularly in fostering financial stability and inclusive economic development. Therefore, strengthening institutional support, regulatory frameworks, and financial literacy is essential to enhance the effectiveness and broader adoption of profit-sharing mechanisms within modern Islamic financial systems.

Keywords: Profit-Sharing System, Islamic Economics, Interest-Based System, Islamic Finance, Financial Stability.

THE EFFECT OF VILLAGE FUNDS ON ECONOMIC GROWTH IN ACEH PROVINCE

Suzanna¹/Sofyan Syahnur²/Muhammad Nasir³

¹Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia,
sausanzen11@gmail.com

²Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia,
kabari_sofyan@yahoo.com

³Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia, nasirmsi@usk.ac.id

Abstract

Village Funds are fiscal instruments intended to promote regional development and economic growth through village expenditure categories. However, their effectiveness in improving economic growth, as well as the mediating roles of investment and the Human Development Index (HDI), remains underexplored in Aceh Province. This study analyzes the effects of Village Fund expenditures on village administration, development implementation, community development, community empowerment, and disaster response on regional investment, HDI, and economic growth, while examining the mediating roles of regional investment and HDI. Using panel data from 23 regencies/cities in Aceh Province during 2015–2024, this study applies panel data regression with the Random Effects Model (REM) and Sobel test. The results show that village administration and disaster response expenditures significantly affect regional investment, while community development and empowerment expenditures significantly affect economic growth. In addition, village administration, community development, empowerment, and disaster response expenditures significantly affect HDI. Regional investment and HDI do not significantly affect economic growth and do not mediate the relationship between Village Funds and economic growth. These findings indicate that Village Funds affect economic growth directly, especially through community development and empowerment. Thus, Village Fund management should prioritize productive programs that enhance community capacity and strengthen the local economy.

Keywords: Village Funds, Economic Growth, Regional Investment, Human Development Index, Panel Data Regression, Aceh Province.

WOMEN'S AND HOUSEHOLD CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH EMPLOYMENT IN AGRICULTURAL AND NON-AGRICULTURAL SECTORS: EVIDENCE FROM ACEH PROVINCE, INDONESIA

Elisa Ismi¹/ Nazamuddin²/Miksalmina³

¹Magister of Economics Program, Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Indonesia, elisaismi26@gmail.com

²Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Indonesia, nazamuddin@usk.ac.id

³Faculty of Economics and Business, Syiah Kuala University, Indonesia, miksalmina@usk.ac.id

Abstract

Women's employment plays an important role in promoting inclusive economic development, particularly in regions where agriculture remains a major source of livelihood. In Aceh Province, women's employment is still concentrated in agriculture despite the continued expansion of non-agricultural economic activities. This study examines the association between women's and household characteristics and women's employment in agricultural and non-agricultural sectors using data from 8,025 employed women aged 15 years and above obtained from the 2024 National Socio-Economic Survey (Susenas). A binary logistic regression model was employed to estimate the likelihood of women working in the non-agricultural sector relative to the agricultural sector. The results indicate that age and the number of children under five are negatively associated with women's employment in the non-agricultural sector. In contrast, secondary education, senior secondary education, tertiary education, unmarried and divorced marital status, household size, and access to credit are positively associated with employment in the non-agricultural sector, while primary education and widowhood are not statistically significant. These findings suggest that both individual and household characteristics are associated with women's employment choices. Strengthening women's educational attainment, improving access to productive credit, and expanding skills development programs may enhance women's opportunities to participate in more productive employment while supporting inclusive economic development in Aceh Province.

Keywords: Agricultural Employment, Binary logistic regression, Household Characteristics, Non-Agricultural Employment, Women's Employment.

ISLAMIC ECONOMIC DEVELOPMENT: STRATEGIES FOR ACHIEVING SUSTAINABLE AND INCLUSIVE GROWTH IN NATIONAL AND INTERNATIONAL CONTEXTS

Pramadyatama Isriezha

UIN K.H. Abdurrahman Wahid, Faculty of Islamic Economic and Business, Pekalongan,

pramadya20@gmail.com ORCID : 0009-0003-9630-6783

Abstract

Economic development remains a major challenge for many countries, particularly in addressing poverty, inequality, unemployment, and economic instability. Islamic economics offers an alternative development framework based on the principles of justice ('adl), welfare (maslahah), balance (tawazun), and sustainability. Unlike conventional development approaches that primarily focus on economic growth indicators, Islamic economic development emphasizes both material prosperity and social well-being through equitable wealth distribution and ethical economic practices.

This study examines the role of Islamic economic principles in promoting sustainable development at both national and international levels. Using a qualitative literature review approach, the study analyzes various scholarly works, policy reports, and institutional practices related to Islamic finance, zakat, waqf, Islamic social finance, and Sharia-compliant economic systems. The findings indicate that Islamic economic instruments have significant potential to reduce poverty, enhance financial inclusion, support micro and small enterprises, and strengthen socio-economic resilience. At the national level, the integration of Islamic social finance with government development programs can contribute to more inclusive economic growth. Internationally, the expansion of the halal industry, Islamic banking, sukuk markets, and cross-border Islamic investment creates opportunities for strengthening global economic cooperation among both Muslim-majority and non-Muslim countries.

The study concludes that Islamic economic development provides a comprehensive framework capable of addressing contemporary development challenges while promoting social justice and long-term sustainability. Strengthening institutional capacity, regulatory support, and international collaboration is essential to maximize the contribution of Islamic economics to global development agendas.

Keywords: Islamic Economic Development, Sustainable Development, Islamic Finance, Social Justice, Inclusive Growth.

FROM CHEAP LABOR TO PRECISION INDUSTRY: SHIFTING COMPARATIVE ADVANTAGES TO ESCAPE MIDDLE-INCOME TRAPS

M. Najmuddin

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economic and Business, Pekalongan, Indonesia, m.najmuddin@mhs.uingusdur.ac.id | ORCID: 0009-0006-0811-3466

Abstract

Many middle-income countries are trapped in *the Middle Income Trap* (MIT) due to their prolonged reliance on traditional comparative advantages in the form of cheap labor wages and an abundance of natural resources. When wages start to rise, these countries lose competitiveness against low-income countries, but they are not yet able to compete with developed countries in the high-tech sector. This study aims to analyze the economic transition strategy from low-cost manufacturing-based to high-value-added precision industries as an effort to escape the middle-income trap. The research method used is qualitative with a *literature review* approach. Data were collected through an in-depth review of various scientific literature, books, reports of international economic institutions, and policy documents related to economic transformation in several developing countries, including Indonesia. Data analysis was carried out in a descriptive-analytical manner using the *Dynamic Comparative Advantage* Theory analysis knife. The results show that the failure to jump into precision industries is caused by a lack of investment in human capital, low technology adoption capacity, and less adaptive industry policies. The study concludes that a deliberate and planned shift in comparative advantage by governments through vocational education reforms, research and development (R&D) incentives, and strengthening of the innovation ecosystem are absolute prerequisites for leaving MIT. Comparative advantage should not be seen as a static condition, but rather a dynamic variable that must be improved in line with the development of national economic capacity. This study recommends the need for an industrialization *roadmap* that focuses on future strategic sectors to trigger a sustainable economic leap

Keyword: Dynamic Comparative Advantage, Middle-Income Trap, Precision Industry.

IMPLEMENTATION OF SHARIA FINANCIAL ACCOUNTING STANDARDS (PSAK SYARIAH) TO ENHANCE TRANSPARENCY AND ACCOUNTABILITY OF ISLAMIC BANKS' FINANCIAL REPORTING IN INDONESIA

Tasya Naelun Najjah

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Accounting , Central Java, Indonesia

tasyanaelunnajjah06@gmail.com

Abstract

The implementation of Sharia Financial Accounting Standards (PSAK Syariah) plays a significant role in improving the transparency and accountability of financial reporting within Indonesia's Islamic banking sector. As the industry continues to expand, the demand for standardized accounting practices that comply with Islamic principles has become increasingly important. Transparent and accountable financial reporting is essential for maintaining public trust, supporting informed decision-making, and ensuring compliance with both regulatory and Sharia requirements. This article aims to examine the implementation of PSAK Syariah and its contribution to enhancing the quality of financial reporting in Islamic banks in Indonesia.

This study employs a qualitative descriptive approach based on a review of relevant literature, including academic journals, regulatory documents, and accounting standards related to Islamic financial reporting. The findings indicate that PSAK Syariah provides a comprehensive framework for the recognition, measurement, presentation, and disclosure of financial transactions in accordance with Islamic principles. The application of these standards promotes greater transparency by ensuring that financial information is presented accurately, consistently, and comprehensively. In addition, PSAK Syariah strengthens accountability by encouraging Islamic banks to disclose financial information in a manner that reflects ethical values and Sharia compliance.

Despite these advantages, several challenges remain, including variations in interpretation, limited human resource competencies, and the need to adapt continuously to regulatory developments. Therefore, strengthening the implementation of PSAK Syariah through professional training, regulatory support, and effective supervision is essential. The study concludes that PSAK Syariah serves as a critical instrument for promoting transparent, accountable, and Sharia-compliant financial reporting practices, thereby supporting the sustainable growth of Islamic banking in Indonesia.

Keywords: Sharia Financial Accounting Standards, PSAK Syariah, Islamic Accounting, Financial Reporting, Transparency, Accountability, Islamic Banking, Indonesia.