



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ



WriteTec
– INFORMATION TECHNOLOGY –

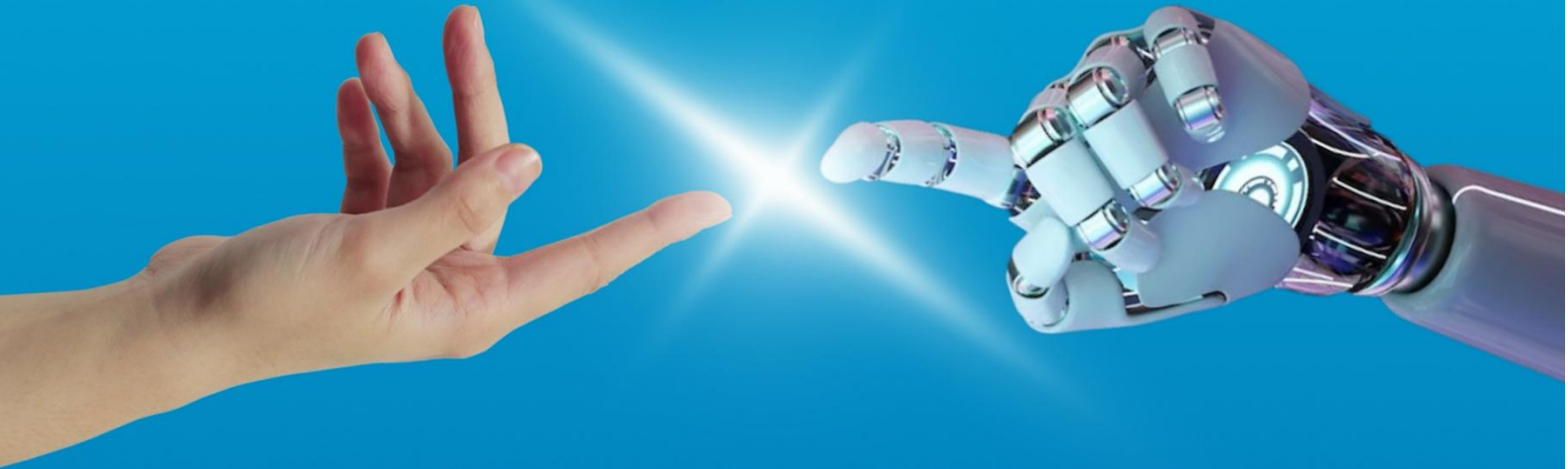
6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi

Ana Tema: Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimlerinde Yapay Zeka Uygulamaları

25-26 NİSAN 2026

BİLDİRİLER KİTABI

BOOK OF PROCEEDINGS



6th International WRITETEC Congress on Social and Health Sciences in the Age of Artificial Intelligence

Main Theme: Artificial Intelligence Applications in Social and Health Sciences

Apr 25-26, 2026

6. Uluslararası Writetec Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler
ve Sağlık Bilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı

**6. Uluslararası Writetec Yapay
Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve
Sağlık Bilimleri Kongresi
Bildiriler Kitabı**

EDİTÖRLER

Nihat ALTUNTEPE

Harun ÇAKIR





"En İyi Akademi, Bir
Kitaplıktır."

6. Uluslararası Writetec Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı

Editörler
Nihat ALTUNTEPE
Harun ÇAKIR

© Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti.

Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti'ne aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

ISBN • 978-625-8927-05-4

Baskı • Haziran, Ankara 2026

Dizgi/Mizanpaj • Gazi Kitabevi

Kapak Tasarım • Gazi Kitabevi

Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti.

Yayıncı Sertifika No: 44884

Merkez

- 📍 Bahçelievler Mah. 53. Sok. No: 29 Çankaya/ANKARA
- ☎ 0.312 223 77 73 - 0.312 223 77 17
- 🕒 0.544 225 37 38
- 📠 0.312 215 14 50
- 🌐 www.gazikitabevi.com.tr
- ✉ info@gazikitabevi.com.tr

Sosyal Medya

- 📘 gazikitabevi
- 📷 gazikitabevi
- 📺 gazikitabevi

**6TH INTERNATIONAL WRITETEC CONGRESS OF
SOCIAL SCIENCES AND HEALTH SCIENCES IN THE
AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

**(Main Theme: Artificial Intelligence Applications in Social
Sciences and Health Sciences)**

April, 25-26 2026

CONGRESS TITLE

**6TH INTERNATIONAL WRITETEC CONGRESS OF SOCIAL SCIENCES
AND HEALTH SCIENCES IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

(Main Theme: Artificial Intelligence Applications in Social Sciences and Health Sciences)

DATE AND PLACE

APRIL, 25-26 2026

ORGANIZATION

WRITETEC INFORMATION TECHNOLOGIES

EDITORS

Assoc. Prof. Nihat ALTUNTEPE

Lecturer Harun ÇAKIR

Total Accepted Article: 68

Total Rejected Papers: 17

Accepted Article (Türkiye): 51

Accepted Article (Other Countries): 17

ISBN:

**6TH INTERNATIONAL WRITETEC CONGRESS OF SOCIAL SCIENCES AND
HEALTH SCIENCES IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**



27.04.2026

İlgili makama;

6. Uluslararası Writetec Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 25-26 Nisan 2026 tarihleri arasında 68 akademisyen/araştırmacının katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

Kongre **DOÇENTLİK BAŞVURU ŞARTLARINA** uygun olarak düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir.

Saygılarımla.

Assoc. Prof. Dr Nihat ALTUNTEPE
On Behalf of Organizing Board



T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Gönen Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

Sayı : E-77199229-903.07 -264582
Konu : Görevlendirme

24.03.2026

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : 24.03.2026 tarihli ve Nihat ALTUNTEPE-903.07- sayılı dilekçesi.

Aşağıdaki tabloda adı geçen öğretim elemanın tarih, süre, yer ve belirtilen konu için 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 39'uncu maddesi gereğince görevlendirilmesi uygun görülmüştür. Bilgilerini ve gereğini arz ve rica ederim.

Adı Soyadı	Konusu	Tarih, Süre ve Yer	Ücret Bilgisi
01252 Doç. Dr. Nihat ALTUNTEPE	Yüz Yüze Online Olarak Düzenlenecek olan "6. Uluslararası WRİTETEC Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresinde" Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulunda Üniversite Akademisyen Temsilci (Online)	25.04.2026 26.04.2026 tarihlerinde 2 Gün	Isparta/Merkez Yolluksuz Yevmiesiz

Adı Soyadı	Vekaletler	Tarihler
01252 Doç. Dr. Nihat ALTUNTEPE	01465 Öğretim Görevlisi Duygu GÜNGÖR	25.04.2026-26.04.2026

Prof. Dr. Murat ÇELİKER
Yüksekokul Müdürü

Ek: Dilekçe ve Ekleri (5 Sayfa)

Dağıtım:
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne
Gönen Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne
Personel Daire Başkanlığına

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: ebys.isparta.edu.tr/EvrakDogrula.html?1CFEC557

Belge Takip Adresi: <https://ebys.isparta.edu.tr/EvrakDogrula.html>

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Gönen Meslek Yüksekokulu 32090 Gönen/ISPARTA

Bilgi İçin: Sami DUYGU

Tel No: (246) 281-2300 Faks No: (246) 281-2302

Şef

E-Posta: samiduygu@isparta.edu.tr İnternet Adresi: www.isparta.edu.tr

Kep Adresi: isubu@hs01.kep.tr

Tel No: 2462147196





T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Şarkikaraağaç Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

Sayı : E-74648560-903.07 -267250
Konu : Görevlendirme

07.04.2026

Doç. Dr. Mehmet KAPLAN

İlgi : 03.04.2026 tarihli dilekçeniz.

25 Nisan 2026 ve 26 Nisan 2026 tarihleri arasında online düzenlenecek olan, “6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zekâ Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi’nde” (<https://conress.writetecbt.com>) Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulu’nda üniversite akademisyen temsilcisi olarak görevlendirilmeniz, 03.04.2026 tarih ve 724/01 sayılı Yönetim Kurulu Kararı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerini rica ederim.

Öğr.Gör. Murat Süleyman ÇANKAYA
Yüksekokul Müdürü

Ek: Yönetim Kurulu Kararı (1 Sayfa)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 6A036BE0

Belge Takip Adresi: <https://ebys.isparta.edu.tr/EvrakDogrula.html>

131. Konya Caddesi No: 50 Şarkikaraağaç / Isparta

Tel No:(246) 411-4544 Faks No:(246) 411-2334

E-Posta:skmyo@isparta.edu.tr İnternet Adresi:skmyo@isparta.edu.tr

Keş Adresi: isubu@hs01.kep.tr

Bilgi İçin:Ali DURSUN

Hizmetli

Tel No:





T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Gönen Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

Sayı : E-77199229-903.07 -264583
Konu : Görevlendirme

24.03.2026

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : 24.03.2026 tarihli ve Harun ÇAKIR-903.07- sayılı dilekçe.

Aşağıdaki tabloda adı geçen öğretim elemanın tarih, süre, yer ve belirtilen konu için 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 39'uncu maddesi gereğince görevlendirilmesi uygun görülmüştür.

Bilgilerini ve gereğini arz ve rica ederim.

Adı Soyadı	Konusu	Tarih, Süre ve Yer	Ücret Bilgisi
01522 Öğretim Görevlisi Harun ÇAKIR	Yüz Yüze Online Olarak Düzenlenecek olan "6. Uluslararası WRİTETEC Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresinde" Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulunda Üniversite Akademişyen Temsilci (Online)	25.04.2026 26.04.2026 tarihlerinde 2 Gün Isparta/Merkez	Yolluksuz Yevmiesiz

Prof. Dr. Murat ÇELİKER
Yüksekokul Müdürü

Ek: Dilekçe ve Ekleri (5 Sayfa)

Dağıtım:
Gönen Meslek Yüksekokulu Müdürlüğüne
Personel Daire Başkanlığına
Strateji Geliştirme Daire Başkanlığına
Öğr.Gör. Harun ÇAKIR

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: ebys.isparta.edu.tr/EvrakDogrula.html?E58FC717

Belge Takip Adresi: <https://ebys.isparta.edu.tr/EvrakDogrula.html>

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Gönen Meslek Yüksekokulu 32090 Gönen/ISPARTA

Bilgi İçin: Sami DUYGU

Tel No: (246) 281-2300 Faks No: (246) 281-2302

Şef

E-Posta: samiduygu@isparta.edu.tr İnternet Adresi: www.isparta.edu.tr

Keşif Adresi: isubu@hs01.kep.tr

Tel No: 2462147196



Evrak Tarih ve Sayısı: 24/04/2026-742385



T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı



Sayı :E-12807497-051-742385
Konu :Görevlendirme

24/04/2026

İLGİLİ MAKAMA

25-26 Nisan 2026 tarihleri arasında ONLİNE düzenlenecek olan "6. Uluslararası WRİTETEC Yapay Zeka Çağında sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresine" Düzenleme Kurulu Üyesi olarak Fakültemiz Tarih bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK görevlendirilmiştir.

Doç.Dr. Murat ÖZTÜRK
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSR0YRP7V2 Pin Kodu :55572

Belge Takip Adresi :
<https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=3837&eD=BSR0YRP7V2&eS=742385>

Adres:İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Telefon:0 422 377 3680 Faks:0 422 341 00 37
e-Posta:fef@inonu.edu.tr Web:http://www.inonu.edu.tr/fen.edebiyat
Kep Adresi:inonuuniversitesi@hs03.kep.tr

Bilgi için: Cengiz BOZ
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni
Tel No: 422 3774079



Evrak Tarih ve Sayısı: 24.03.2026-693535



T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Zara Veysel Dursun Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Müdürlüğü

Sayı :E-63709940-900-693535
Konu :Belge Talebi

24.03.2026

Sayın Doç. Dr. Yusuf KAHREMAN

İlgi : 24.03.2026 tarih ve 001 sayılı yazınız.

25/Nisan/2026 ile 26/Nisan/2026 tarihleri arasında online olarak düzenlenecek olan, "6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi'nde" (<https://congress.writetecbt.com/>) Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulu'nda üniversite akademisyen temsilci olarak görevlendirme talebiniz uygun görülmüştür.

Bilgilerinize rica ederim.

Doç. Dr. Özcan IŞIK
Müdür

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSM7C767T2

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/cumhuriyet-universitesi-ebys>

Adres : Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Zara Veysel Dursun Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu
Müdürlüğü Sivas
Telefon:0 346 816 2224 Faks:0 346 816 2223
e-Posta:zarayo@cumhuriyet.edu.tr Web:www.cumhuriyet.edu.tr
Kep Adresi:cumhuriyetuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Ali TUNÇ
Unvanı: Şef



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-25432399-299.01-35089

27/04/2026

Konu : Dr.Öğr.Üye. Erdal HARUNOĞULLARI'nın
Görevlendirmesi Hk.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İlgi : Write Tec Information Technology'nin yazısı.

Fakültemiz öğretim üyesi Dr.Öğr.Üye. Erdal HARUNOĞULLARI 25 Nisan 2026-26 Nisan 2026 Tarihleri arasında gerçekleştirilecek olan ana teması Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları olarak belirlenen ve online olarak gerçekleştirilecek olan 6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zekâ Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi'nin Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulunda Üniversite Akademisyen temsilcisi olarak katılımı dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Serhat YÜKSEL
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden E1CF6726XC kodu ile doğrulayabilirsiniz.



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-25432399-299.01-35091
Konu : Öğr. Üye. Hakan YILDIZ'ın
Görevlendirmesi Hk.

27/04/2026

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İlgi : Write Tec Information Technology'nin yazısı.

Fakültemiz öğretim üyesi Dr. Öğr. Üye. Hakan YILDIZ 25 Nisan 2026-26 Nisan 2026 Tarihleri arasında gerçekleştirilecek olan ana teması Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları olarak belirlenen ve online olarak gerçekleştirilecek olan 6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zekâ Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi'nin Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulunda Üniversite Akademisyen temsilcisi olarak katılımı dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Serhat YÜKSEL
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrainızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 8048D4EEXB kodu ile dogrulayabilirsiniz.



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-25432399-299.01-35090
Konu : Doç.Dr. Orhan ÖZAYDIN'ın
Görevlendirmesi Hk.

27/04/2026

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İlgi : Write Tec Information Technology'nin yazısı.

Fakültemiz öğretim üyesi Doç.Dr. Orhan ÖZAYDIN 25 Nisan 2026-26 Nisan 2026 Tarihleri arasında gerçekleştirilecek olan ana teması Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları olarak belirlenen ve online olarak gerçekleştirilecek olan 6. Uluslararası WRITETEC Yapay Zekâ Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi'nin Düzenleme Kurulu Üyesi ve Danışma Kurulunda Üniversite Akademisyen temsilcisi olarak katılımı dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Serhat YÜKSEL
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrainızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden F7364CA5X3 kodu ile doğrulayabilirsiniz.



ORGANIZING COMMITTEE MEMBER

Organizing Committee Members

Doç. Dr. Nihat ALTUNTEPE
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Doç. Dr. Yusuf KAHREMAN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet KAPLAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Doç. Dr. Orhan Özaydın
Medipol Üniversitesi

Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK
İnönü Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Erdal HARUNOĞULLARI
Medipol Üniversitesi

Dr. Hakan YILDIZ
İstanbul Medipol Üniversitesi

Öğr. Gör. Harun ÇAKIR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

SCIENTIFIC AND ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Azah Kamilah DRAMAN
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

Doç. Dr. Asım Sinan YÜKSEL
Süleyman Demirel Üniversitesi

Prof. Dr. Sumru BAKAN
Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Doç. Dr. Adem BABACAN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Prof. Dr. Berna BALCI İZGİ
Gaziantep Üniversitesi

Doç. Dr. Emre SAYGIN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Prof. Dr. Özgür DEMİRTAŞ
Kayseri Üniversitesi

Doç. Dr. Murat BAŞ
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Fatih BAYRAMOĞLU
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Doç. Dr. Özcan DEMİR
Fırat Üniversitesi

Prof. Dr. Murat KAYALAR
Burdur Mehmet Akif Üniversitesi

Doç. Dr. Ümit YILDIZ
Bayburt Üniversitesi

Prof. Dr. Aziz BOSTAN
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Doç. Dr. Mesut BALİBEY
Tarım ve Orman Bakanlığı

Prof. Dr. Haktan SEVİNÇ
İğdır Üniversitesi

Doç. Dr. Zafer ÖZTÜRK
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Prof. Dr. Necmiye CÖMERTLER
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Doç. Dr. Selim KANAT
Süleyman Demirel Üniversitesi

Prof. Dr. Özcan SEZER
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Sevda Pınar MEHEL
TUTUK
İstanbul Şişli Meslek Yüksekokulu

Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN
Süleyman Demirel Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meltem DOĞAN
Şişli Meslek Yüksekokulu Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Waidah BINTI ISMAIL
Universiti Sains Islam Malaysia

Dr. Magsud MİRZAYEV
Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi

Doç. Dr. Rukiye TÜRK DELİBALTA
Kafkas Üniversitesi

Dr. Mehtap ETER
Sağlık Bakanlığı

Doç. Dr. Musa ÖZTÜRK
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Meltem ÇAPAR ÇİFTÇİ
Sağlık Bakanlığı

Doç. Dr. Mustafa KIRCA
Ordu Üniversitesi

6. ULUSLARARASI WRITETEC YAPAY ZEKA ÇAĞINDA SOSYAL BİLİMLER VE SAĞLIK BİLİMLERİ KONGRESİ

**25-26 NİSAN 2026
ONLINE**

Yayın İmkanları

Dergilerde Makale Olarak Yayın

Q1 Scopus-Indexed Journal

TR Dizinli Dergide Yayın

Diğer Dergilerde Yayın

Kitap BÖlümü Olarak Yayın

BKCI Kapsamındaki Yayınevleri

Diğer Uluslararası Yayınevleri

Önemli Tarihler

Son Başvuru Tarihi: 21 Nisan 2026

Kongre Programı İlanı: 23 Nisan 2026



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ



WriteTec
- INFORMATION TECHNOLOGY -

www.congress.writetecbt.com
www.isparta.edu.tr
+90 530 471 80 78

Hidayet Gizem Ünlü (Medya gösterme kontrolleri)

günlük, aklın, ekonominin a... - bu bilgisayar konumuna kaydedildi

Arca

Doçya Girft Ekle Öz Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Kaydet Gözden Geçir Görünüm Yardım Aracolat

Kaydet Teams de Sun Paylaş

Yapıştır Yeni Slayt Ekle Yeni Slayt Sil Sil

Pano Slayt Yarı Tipler Penasat Çizim Ses Duyarlık Ekranlar Tasarım

1 2 3 4 5

GÜMÜŞ EKONOMİ VE ALTIN EKONOMİ

Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Karşılaştırma

Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN

Not eklemek için tıklayın

17/16 İngilizce Türkçe

Hidayet Gizem... Hakan Yıldız Seçkin KABAK

Orhan OZAYDIN NA Akademi Oturum Başkanı

Abdulkadir Atar (Medya gösterme kontrolleri)

DİJİTAL TARİHÇİLİK BAĞLAMINDA YAPILAN İKTİSAT TARİHİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Abdulkadir ATAR Marmara Üniversitesi

Abdulkadir Atar Hamza ÇEŞTEPE

Z H 4 kişi daha

WriteTec Information Technology

aysegül baykul (Medya gösterme kontrolleri)

GLOBAL CLIMATE CONTROL ROOM

Analiz Çerçevesi: 3 Kıtada 36 OECD Ülkesi

Global Grid (70%)

OECD Avrupa (26 Ülke): Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, UK.

OECD Amerika (5 Ülke): US, Canada, Mexico, Chile, Colombia.

OECD Asya-Okyanusya (5 Ülke): Japan, Korea, Israel, Australia, New Zealand.

OECD'nin en yoğun üye yapısı. Literatürde Batı/Doğu ve Geçiş ekonomileri olarak ayrılır.

Kuzey ve Latin Amerika (Anglo-Sakson ve Latin) alt gruplarını içerir.

Asya-Pasifik bölgesi. OECD içinde küçük ama yüksek teknoloji/verimlilik özellikleriyle öne çıkar.

aysegül baykul Hamza ÇEŞTEPE Zeliha Yıldırım

Hakan Yıldız Abdulkadir A... MAHER HAM...

Narin Narin WriteTec Information T...

Ali ERDEM (Medya gösterme kontrolleri)

Öngörücü Yönetişim Yelpazesi

ÇİN: Sosyal Kredi Sistemi
Doğrudan Ontoteknolojik Müdahale.
Devletin bilişsel gücünün en somut hali;
tüm varoluşsal olasılıkların merkezi yönetimi.

AVRUPA BİRLİĞİ: Dijital Haklar Rejimi
Normatif Düzenleme.
Ontoteknolojik gücü hukuki sınırlar
ve mahremiyet üzerinden
dengeleme çabası.

DEVLET KONTROLÜ

OPENAI EKOSİSTEMİ
Ulusötesi Bilgi Altyapısı.
Sınırları aşan, bilginin üretim
tekelini elinde tutan sivil
bilişsel otorite formu.

ULUSÖTESİ BİLİŞSEL OTORİTE

PIYASA VE ŞİRKET ETKİSİ

Ali ERDEM, Doç. Dr. Kaan Emre Engin, MAHER HAMZAH RASHID ALSHAH, Hasan E., Canberk Şadi Şen, NA Akademi, 2 kişi daha, WriteTec Information Technology

Hasan E. (Medya gösterme kontrolleri)

Kapasite-Kurum Paradoksu: Orta Gelirli Ekonomilerde YZ Hazırlığı

Klasik yönetişimin sınırlarının ötesinde, spesifik bir algoritmik devlet kapasitesinin ampirik haritalandırması.

26 /04 /2026

Doç. Dr. Kaan Emre Engin, Hasan E., Öğr. Gör. Dr. Selin Engin, Canberk Şadi Şen, Ali ERDEM, NA Akademi, MAHER HAMZAH RASHID ALSHAH, WriteTec Information Technology

Öğr. Gör. Dr. Selin Engin (Medya gösterme kontrolleri)

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KAMU YÖNETİMİNDE SORUMLULUĞUN DAĞILMASI SORUNU: Karar, Hata ve Hesap Verme Üzerine Bir İnceleme

6. Uluslararası WriteTec Yapay Zeka Çağında Sosyal Bilimler ve Sağlık Bilimleri Kongresi

2026

Öğr. Gör. Dr. Selin Engin
Adıyaman Üniversitesi Bologna Kurum Koordinatörlüğü

WriteTec

Öğr. Gör. Dr. Selin Engin, Doç. Dr. Kaan Emre Engin, Canberk Şadi Şen, Ali ERDEM, Merve Denek, Hasan E., WriteTec Information Technology

Statistical Analysis Workflow

The analysis followed a standard geometric morphometric pipeline to isolate shape, explore variation, and test for group differences using MorphoJ software.

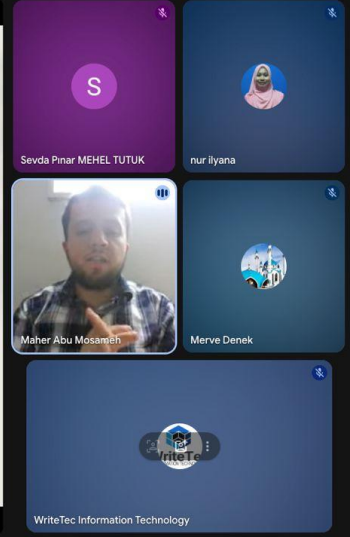


GPA (Generalized Procrustes Analysis): Removes non-shape variation (size, position, orientation).

PCA (Principal Component Analysis): Explores the main patterns of shape variation.

CVA (Canonical Variate Analysis): Tests and visualizes shape differences between predefined groups.

DFA (Discriminant Function Analysis): Predicts group membership and assesses classification accuracy.



PDEV'ler Sentetik Nanotaşıyıcılara Kıyasla Biyolojik İnstrinsik Uyum Açısından Üstündür

	Sentetik Nanotaşıyıcılar	PDEV (Bitki Kökenli Veziküller)
Biyouyumluluk ve İmmünojinite	Düşük / İmmün reaksiyon riski	Yüksek (İntrinsik hücresel uyum)
Toksosite Profili	Birikim ve sitotoksosite riski	Biyolojik olarak tamamen parçalanabilir, sıfır toksisite
Kan-Beyin Bariyeri (BBB) Geçişi	Sınırlı / Yüzey modifikasyonu gerektirir	Doğal olarak yüksek y0; geçiş kapasitesi
Üretim ve Kaynak Ekonomisi	Yüksek maliyetli karmaşık sentez	Geniş çaplı, sürdürülebilir bitkisel kaynaklar

MOHD 'AZMI MOHD RAZIF | İbrahim Yıldırımçakar | neriman | Burcu Kurtis | NUR AZWA SYUHADA BT S... | WriteTec Information Tec...

The Methodological Engine: The MAARS-AI Framework

M Manuscript: Secure data ingestion of high-resolution folios and provisioning of role-based credentials.

A Artifact: Digital provenance established. Cryptographic hashes of metadata are generated and recorded on-chain.

A Annotation: Collaborative scholarly curation. Spatial metadata applied directly to imagery and hashed on-chain as proof of contribution.

R Recognition: Handwritten Text Recognition (HTT) extracts structural and textual data from complex scripts.

S-AI Summarize-AI: Grounded semantic synthesis. AI generates high-fidelity overviews from curated notes for public dissemination.

14°C Party sunny

KÜRESEL TABLO

755

MİLYAR USD

2024 küresel YZ yatırımı
%70+ G7 ülkeleri ve Çin'e ait

35M

EURO CEZA

AB AI Act azami para cezası
veya küresel cironun %7'si

AB Yapay Zekâ Yasası (AI Act) YZ sistemlerini risk sınıflarına göre düzenleyen ilk kapsamlı yasal çerçevedir. Yasal uyum artık stratejik değil, **kurumsal hayatta kalma meselesidir.**

Deniz yıldız | Sinan Yüksel | Canberk Şadi Şen | Zeynep Özge Kalyoncu | NA Akademi | WriteTec Information Tec...

2

Klasik Tıp:
Sistemleri izole inceler.

Homeostazis

Lgr5+ Kök Hücre Nişi
(Rejenerasyon merkezi)

Bağırsak Mikrobiyotası
(Trilyonlarca mikroorganizma ağı)

Beslenme
(Epigenetik modülatör)

Yeni Paradigma:
Bu üçlü yapı birbirinden ayrılmaz entegre bir eksenidir. Sindirimden bağışıklığa ve onkolojik süreçlere kadar tüm sistemleri tek bir ağ üzerinden yönetir.

Ahsen Erginsoy | HİLAL MOLA | Emel Çolak | WriteTec Information Techn...



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ



WriteTec
– INFORMATION TECHNOLOGY –

**6. ULUSLARARASI WRITETEC
YAPAY ZEKA ÇAĞINDA SOSYAL
BİLİMLER VE SAĞLIK BİLİMLERİ
KONGRESİ**

**6TH INTERNATIONAL WRITETEC
CONGRESS ON SOCIAL SCIENCES AND
HEALTH SCIENCES IN THE AGE OF
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM

25 - 26 Nisan / Apr 2026

congress.writetecbt.com

www.isparta.edu.tr

www.writetecbt.com

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM

6. ULUSLARARASI WRITETEC YAPAY ZEKA ÇAĞINDA SOSYAL BİLİMLER VE SAĞLIK BİLİMLERİ KONGRESİ AÇILIŞ PROGRAMI

25 Nisan 2026 – BİRİNCİ GÜN – April 25, 2026 – FIRST DAY

10.00 – 10.30

Açılış Konuşmaları

Öğr. Gör. Harun ÇAKIR

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

(Kongre Bilgilendirmesi)

Açılış Oturum Linki

<https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm>

10.30 – 12.00

Açılış Oturumu

Prof. Dr. Norita Md NORWAWI

Universiti Sains Islam Malaysia

Hüseyin YÜCEER

S.C. GRUP INSURANCE CEO

Açılış Oturum Linki

<https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm>

12.00 - 13.00 Öğle Yemeği

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM

25 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

Birinci gün/ Day one

Salon Linki: https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm Saat: 13.00-14.30	Oturum Başkanı: Prof. Dr. A. İnci Sökmen ALACA	İŞLT1
Mesut YAŞAR Prof. Dr. Pelin VARDARLIER	DİJİTAL İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKA TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ VE YÖNETİMİ	
Doç. Dr. Duygu HİDİROĞLU Yunus KARATAŞ	ARICILIĞI CİDDİ SERBEST ZAMAN FAALİYETİ OLARAK YAPAN BİREYLER İLE PROFESYONEL OLARAK YAPAN BİREYLERİN STRES DÜZEYLERİNE İLİŞKİN NİCEL BİR ÇALIŞMA	
Doç. Dr. Duygu HİDİROĞLU Yunus KARATAŞ	CİDDİ BİR SERBEST ZAMAN AKTİVİTESİ OLARAK ARICILIKLA UĞRAŞANLAR İLE PROFESYONEL OLARAK ARICILIKLA UĞRAŞANLARIN İYİ OLUŞ DÜZEYLERİ: NİCEL BİR ARAŞTIRMA	
Prof. Dr. Nesrin ŞALVARCI TÜRELİ Kürşat Han AYDIN	DİJİTALLEŞME ÇAĞINDA ÇALIŞANLARIN MEKÂNSAL EŞİTSİZLİKLERİ	
Salon Linki: https://meet.google.com/oyq-mvny-grh Saat: 13.00-14.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Mehmet KAPLAN	İŞLT2
Gözde ŞAHİN Prof. Dr. Nesrin ŞALVARCI TÜRELİ	DİJİTALLEŞEN ÇAĞDA YAPAY ZEKA KULLANIMI İLE ÖRGÜTSEL SESSİZLİĞİN DÖNÜŞÜMÜ	
Dr. Öğr. Üyesi, Berna TURAK KAPLAN	YENİLENEBİLİR ENERJİ İŞLETMELERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POLİTİKALARI	
Asuda YUNUSOVA CEVİZ Dr. Öğr. Üyesi Esra AKPINAR KILINÇ Zabiullah DARWISH	KUANTUM HESAPLAMA YEŞİL FİNANSI DÜZELTEBİLİR Mİ? İKLİM BELİRSİZLİĞİNE ZAMAN SERİSİ YAKLAŞIMI	
Abdullayeva FERİDE	DİJİTAL İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN ÇALIŞAN BAĞLILIĞI VE ÖRGÜTSEL PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: YAPISAL EŞİTLİK MODELLEMESİ BULGULARI	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM
25 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

Birinci gün/ Day one

Salon Linki: https://meet.google.com/sqo-zwnm-gpq Saat: 13.00-14.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Eray Ekin SEZGİN	İŞLT3
Mirzəyeva TAVAT Bəhramlı NİGAR Şəmmədli TURAL	İŞ SÜRECİ YÖNETİMİ YAŞAM DÖNGÜSÜNDE DİJİTAL İKİZLER: SANAL SİMÜLASYONLAR VE ÖNGÖRÜSEL BAKIM	
Yusif İSGENDEROV	DİJİTALLEŞMENİN KOBİ'LERİN GELİŞİM VE YÖNETİM SÜREÇLERİNE(YÖNETİM FONKSİYONLARI) ETKİLERİ	
Leman MEMMEDOVA	YAPAY ZEKA DESTEKLİ İNOVASYONDA GENÇLİĞİN ROLÜ: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA PERSPEKTİFİNDE BİR DEĞERLENDİRME	
Qocayeva SƏLİMNAZ	FINANCING CHALLENGES OF SMES IN THE TRANSITION TO AN INNOVATIVE ECONOMY AND FINTECH-BASED SOLUTION STRATEGIES (THE CASE OF AZERBAIJAN)	
Salon Linki: https://meet.google.com/uji-ancr-ucu Saat: 13.00-14.30	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN	İKT1
Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN	GÜMÜŞ EKONOMİ VE ALTIN EKONOMİ: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA BAĞLAMINDA KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ	
Prof. Dr. Ayşe DURGUN KAYGISIZ Arş. Gör. Seçkin KABAK	TÜRKİYE'NİN İHRACATINDA MAVİ EKONOMİNİN YERİ	
Doç. Dr. Orhan Özaydın	DİJİTALLEŞME EŞLİĞİNDE AVRUPA BİRLİĞİ'NDE FİNANSAL ERİŞİMİN	
Assoc. Prof. Saitov ELYOR	ORTA ASYA'DA YEŞİL EKONOMİ POLİTİKALARININ GELİŞİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMAYA ETKİSİ	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

25 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

Birinci gün/ Day one

Salon Linki: https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm Saat: 15.00-16.30	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hamza ÇEŞTEPE	İKT2
Doç. Dr. Abdulkadir Atar	DİJİTAL TARİHÇİLİK BAĞLAMINDA YAPILAN İKTİSAT TARİHİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ	
Zeliha Yıldırım Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN	DÖNGÜSEL EKONOMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEĞE ENTEGRASYONU: KÜRESEL ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİNİN PRISMA VE BİBLİYOMETRİK ANALİZLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	
Doç. Dr. Ayşegül BAYKUL	EKOLOJİK KAPASİTE SINIRLARINDA BÜYÜME: OECD EKONOMİLERİNİN ÇEVRESEL VERİMLİLİK DİNAMİKLERİ VE İKLİM HEDEFLERİ	
Dr. Hakan YILDIZ	TÜRKİYE'DE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ENERJİ TÜKETİMİ: BÖLGESEL GELİŞMİŞLİK PERSPEKTİFİYLE MEKÂNSAL BİR İNCELEME	
Salon Linki: https://meet.google.com/oyq-mvny-grh Saat: 15.00-16.30	Oturum Başkanı: Prof. Dr. Levent KOSEKAHYAOĞLU	İKT3
Dr. Öğr. Üyesi ABDULAZİZ GÜLAY	SİGORTACILIK SEKTÖRÜNDE HİLE ve SUİSTİMALLER	
Doç. Dr. Güngör ÖZCAN Doç. Dr. Pelin Master ÖZCAN Doç. Dr. Elif ERER Dr. Öğr. Üyesi DENİZ ERER	SEÇİLMİŞ ASYA EKONOMİLERİNDE DİJİTALLEŞMENİN BANKACILIK SEKTÖRÜ ETKİSİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ	
Doç. Dr. Burak ÖKDE	YAPAY ZEKA DESTEKLİ RİSK ANALİZ SİSTEMLERİNİN VERGİ KAYIP-KAÇAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	
Dr.Öğr.Üyesi Aynur İNCEKIRIK Mohammad Luqman YOUSUFİ	KÜRESEL SPOR GIYIM SEKTÖRÜNDE HİSSE SENEDİ FİYATI VE İŞLEM HACMINİN DERİN ÖĞRENME MODELLERİ İLE TAHMİNİ	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

25 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

Birinci gün/ Day one

Salon Linki: https://meet.google.com/sqo-zwnm-qpq Saat: 15.00-16.30	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KADİROĞLU	İKT4
Prof. Dr. Ayşe DURGUN KAYGISIZ Arş. Gör. Seçkin KABAK	TÜKETİCİ FİYAT ENDEKSİ ve 2026 GÜNCELLEMELERİ	
Doç. Dr. Aykut SEZGİN	KENTSEL VE BÖLGESEL EKONOMİ BAĞLAMINDA AKILLI ŞEHİRLER: YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİLİMSEL AĞ ANALİZİ	
Öğr. Gör. Dr. Rıdvan ÖZTURGUT Doç. Dr. Murat BELKE	KADINLARIN FİNANSAL KAPSAYICILIĞI VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE PANEL VERİ ANALİZİ	
Alxasov ARİZ	AZERBAYCANDA İSLAMİ MİKROFİNANSIN SOSYAL KALKINMADAKI ROLÜ: BÖLGESEL UYGULAMA POTANSİYELİ VE STRATEJİK ÖNERİLER	

Salon Linki: https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm Saat: 15.00-16.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Onur AKKAYA	İKT5
Dr. Öğretim Üyesi, Ayşe GÜNGÖR, Abdallah Abukalloub,	LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMININ OPERASYONEL VERİMLİLİK VE TEDARİK ZİNCİRİ DAYANIKLILIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: KAVRAMSAL BİR ANALİZ	
Dr. Öğr.Üyesi Tansu Hilmi HANÇER, Samet GÜNGÖR	OSMANLI TAŞRA EKONOMİSİNİN YAPISI: TEMETTUAAT DEFTERLERİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME (DEVREK ÖRNEĞİ)	
Dr. Erdal HARUNOĞULLARI	GELİŞMEKTE OLAN AVRUPA ÜLKELERİNDE ICT İHRACATININ BELİRLEYİCİLERİ: PANEL ARDL ANALİZİ	
Melike Nisa ŞENCAN, Doç. Dr. Canan ŞENTÜRK	G7 ÜLKELERİNDE YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİ: WESTERLUND YÖNTEMİNE DAYALI PANEL EŞBÜTÜNLEŞME PERSPEKTİFİ	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

**26 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM
İKİNCİ GÜN/SECOND DAY**

Salon Linki: https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm Saat: 10.00-11.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Kaan Emre ENGİN	KYSB1
Öğr. Gör. Dr. Selin ENGİN	YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KAMU YÖNETİMİNDE SORUMLULUĞUN DAĞILMASI SORUNU: KARAR, HATA VE HESAP VERME ÜZERİNE BİR İNCELEME	
Öğr. Gör. Dr. Hasan ERYÜRÜK	KAPASİTE-KURUMLAR PARADOKSU: ORTA GELİRLİ EKONOMİLERDE KLASİK YÖNETİŞİMİ AŞAN YAPAY ZEKÂ YÖNETİŞİM HAZIRLIĞI	
Dr. Ali ÇETİNKAYA	DİJİTAL KİMLİK SUNUMU VE STRATEJİK ANALİZİ: MARKA KİMLİĞİ UNSURLARI BAĞLAMINDA TÜRKİYE'NİN LİDER MARKALARI ÜZERİNE BİR KESİT ANALİZİ (2025)	
Maher Hamzah Rashid ALSHAMIM	KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA HALK VE DİVAN EDEBİYATININ MÜŞTEREKLERİ	
Dr. Öğr. Üyesi Ali ERDEM	DEVLETİN UZUN GÖLGESİ: YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA ONTOTEKNOLOJİK EGEMENLİK ve HUKUKİ GÜVENLİK SORUNU	

Salon Linki: https://meet.google.com/oyq-mvny-grh Saat: 10.00-11.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Mehmet ÖLMEZ	SĞLK1
Semiha YAZAR Prof. Dr. Yılmaz DAŞLI	SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂYA GÜVEN: BELİRLEYİCİLER, RİSKLER VE ETİK TARTIŞMALAR	
Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt ÖRÜK Dr. Öğr. Üyesi Sevda Pınar MEHEL TUTUK Öğr. Gör. Reyhan Gürün BEBAŞI	YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA RADYASYONDAN KORUNMA VE ÖLÜM KAYGISI	
Ahsen ERGİNSOY Doç. Dr. Neşe KAYA	EPILEPSİ YÖNETİMİNDE KETOJENİK DİYET VE YAPAY ZEKA	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

26 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

İKİNCİ GÜN/SECOND DAY

Salon Linki: https://meet.google.com/sqo-zwnm-qpq Saat: 10.00-11.30	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Hilal MOLA	SĞLK2
Emel ÇOLAK Ahsen ERGİNSOY	NAFLD'DE BİTKİ KAYNAKLI HÜCRE DIŞI VEZİKÜLLERİN BESİN SİNYAL TAŞIYICILARI OLARAK ROLÜ: TEK SAĞLIK VE YAPAY ZEKA ENTEGRE BİR PERSPEKTİF	
Emel ÇOLAK	PAN-KANSER ANALİZLERİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN ORTAK GENETİK YOLAKLARIN TESPİTİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR DERLEMESİ	
Dr.Öğr.Üyesi Hilal MOLA Dr.Öğr.Üyesi Ezel BİLGE YERLİ Uzman Doktor Ülkü İNCE	GEBELİK SÜRECİNDE FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK DEĞİŞİMLERİN TÜKETİM DAVRANIŞLARINA ETKİSİ: NİTEL BİR ANALİZ	
Ahsen ERGİNSOY, Emel ÇOLAK	Sağlık Bilimlerinde Yapay Zeka Destekli Mikrobiyom-Kök HücreBeslenme Ekseni ve Terapötik Potansiyeli	

Salon Linki: https://meet.google.com/uji-ancr-ucu Saat: 10.00-11.30	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Sevda Pınar MEHEL TUTUK	SĞLK3
Nur Farah Amirah RİZAL, Nur Ilyana Ismarau TAJUDDİN v.d	SUNNAH KITCHEN: BRIDGING FAITH AND TECHNOLOGY THROUGH A DIGITALIZED ISLAMIC DIETARY WEB APPLICATION	
Maher A M ABUMOSAMEH, Aspalilah ALİAS, Choy Ker WOO, v.d.	ANALYSIS OF THIRD LUMBAR VERTEBRAE USING GEOMETRIC MORPHOMETRIC: A STUDY OF FORENSIC IMPLICATIONS IN MALAYSIAN POPULATION	
Merve DENEK	KIRIKKALE BÖLGESİNİN UNUTULMAYA YÜZ TUTMUŞ YÖRESEL YEMEKLERİ	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

26 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM

İKİNCİ GÜN/SECOND DAY

Salon Linki: https://meet.google.com/jij-ykrn-zmm Saat: 12.00-13.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Asım Sinan YÜKSEL	DSLNA1
Canberk Şadi ŞEN Dr. Öğr. Üyesi İncilay YILDIZ	ERP SİSTEMLERİNDE STOK YÖNETİMİ SÜREÇLERİNİN ETKİNLİĞİNİN ANALİZİ:ERP'NİN STOK DOĞRULUĞU, DEVİR HIZI VE ENVANTER OPTİMİZASYONUNA ETKİSİ	
Doç. Dr. Cem ANGIN Dr. Öğr. Ü. Deniz YILDIZ	YAPAY ZEKA KULLANIMI İÇİN YASAL GEREKLİLİKLER: YÖNETSEL AÇIDAN TERCİH Mİ- ZORUNLULUK MU?	
Sima ALOSMAN	YAPAY ZEKA KULLANARAK VİDEO TABANLI ŞİDDET TESPİTİ	
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Özge KALYONCU	YAPAY ZEKA İLE ÜRETİLEN ANİMASYONLARDA TEKİNSİZ VADİ ETKİSİ	

Salon Linki: https://meet.google.com/oyq-mvny-grh Saat: 12.00-13.30	Oturum Başkanı: Dr. Havva KOÇ	ÇEKO1
Dr. Mesut Emre BALCI	SOSYAL POLİTİKALARDA DİJİTALLEŞME	
Öğr. Gör. Dr. Harun SIÇRAR	TOPLU İŞ SÖZLEŞMELERİNİN ÜCRETLER İLE İLİŞKİSİ: ANA METAL SANAYİ VE KONAKLAMA SEKTÖRLERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ	
Emrullah NARİN Doç. Dr. İLKNUR KARAASLAN	EMEĞİN PİYASASINDA İŞGÜCÜ ARZ VE TALEBİ ARASINDAKİ UYUMSUZLUK: BİGA İLÇESİ ÖRNEĞİ	
Esra ÇAĞLIYAN Doç. Dr. Esat İPEK	İKİNCİ DEMOGRAFİK DÖNÜŞÜM TEORİSİ EKSENİNDE TÜRKİYE'DE AİLE AÇISINDAN GÜNCEL DÖNÜŞÜMLER VE SOSYAL POLİTİKA YANSIMALARI	
Dr. Sara Rafiq	Leveraging Artificial Intelligence for Resilient Agricultural Trade in Pakistan: Mitigating Climate-Induced Market Instability	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

**26 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM
İKİNCİ GÜN/SECOND DAY**

Salon Linki: https://meet.google.com/sqo-zwnm-qpq Saat: 12.00-13.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Emre SAYGIN	ÇEKO2
Ihsan ASAAD	YAPAY ZEKA KULLANARAK İNSANİ YARDIM FİNANSAL İŞLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	
Dr.Öğr.Üyesi Esra YILDIZ, Doç.Dr. Nezahat KOÇYİĞİT	KORKU MU? YOKSA FIRSAT MI? YAPAY ZEKA VE ÇALIŞAN ALGILARI ÜZERİNE NİTEL BİR İNCELEME	
Mahmud MİRZAYEV Zümre SÜREN	YAPAY ZEKANIN İŞ ANALİTİĞİ GELİŞİMİNE ETKİSİ GÖRÜNÜŞ ODAKLI SOSYAL MEDYA İÇERİKLERİ, BEDEN ALGISI VE PROBLEMLİ YEME TUTUMLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLER	

Salon Linki: https://meet.google.com/uji-ancr-ucu Saat: 12.00-13.30	Oturum Başkanı: Doç. Dr. Mehmet KAPLAN	İKT6
Halimatun Sa'adiyah Ariffin Nur Ilyana Ismarau Tajuddin, Nur Amlya Abd Majid, Aiza Azrin Mohd Zain, Rajermani Thinakaran	TRANSFORMATION IN STEM HIGHER EDUCATION: EXPLORING MOTIVATION, DIGITAL INCLUSION, AND MICRO-CREDENTIALING TRENDS	
Halimatun Sa'adiyah ARIFFIN, Rajermani Thinakaran.	A NARRATIVE REVIEW OF MICRO-CREDENTIALS IN HIGHER EDUCATION: BRIDGING SKILL GAPS AND ENHANCING EMPLOYABILITY IN THE DIGITAL AGE	
Leman MEMMEDOVA	YAPAY ZEKA DESTEKLİ İNOVASYONDA GENÇLİĞİN ROLÜ: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA PERSPEKTİFİNDE BİR DEĞERLENDİRME	
Dr. Öğr. Üyesi Emine Jessica McKie	SANAT EĞİTİMİNİN İLETİŞİM FAKÜLTESİ BİRİNCİ SINIF ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: ÖN TEST-SON TEST ÇALIŞMASI	

KONGRE PROGRAMI / CONGRESS PROGRAM (ONLINE)

**26 Nisan/ April 2026 ONLINE PROGRAM
İKİNCİ GÜN/SECOND DAY**

Salon Linki: https://meet.google.com/nkr-zhog-hop Saat: 12.00-13.30	Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Yıldırım ÇAKAR	DSPLN2
Neriman HANAHMEDOV	AZERBAYCAN İŞ HUKUKUNDA KADIN İŞÇİLERİN HAKLARI	
Nur Azwa Syuhada SAMSHUDDİN	SEXUAL DIMORPHISM OF MAXILLARY SINUS IDENTIFICATION: AN ADVANCE GEOMETRIC MORPHOMETRIC ANALYSIS	
Dr. Mohd 'Azmi Mohd RAZİF	MANUSCRIPTA ISLAMICA: A HYBRİD BLOCKCHAIN-AI FRAMEWORK FOR THE SECURE CURATION AND SCHOLARLY ANALYSIS OF HISTORICAL ISLAMIC MANUSCRIPTS	
Dr. Burcu KURTİŞ	YAPAY ZEKA VE GELENEKSEL SENARYO YAZIMI: ANLATI MANTIĞI, KARAKTER DERİNLİĞİ VE İZLEYİCİ TEPKİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	

YAZARLAR / AUTHORS	BAŞLIK / TITLE	NO
Abdulkadir ATAR	DİJİTAL TARİHÇİLİK BAĞLAMINDA YAPILAN İKTİSAT TARİHİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ	33-34
Mesut YAŞAR Pelin VARDARLIER	DİJİTAL İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ VE YÖNETİMİ	35-44
Esat İPEK Esra ÇAĞLIYAN	İKİNCİ DEMOGRAFİK DÖNÜŞÜM KURAMI EKSENİNDE TÜRKİYE'DE AİLE AÇISINDAN GÜNCEL DÖNÜŞÜMLER VE SOSYAL POLİTİKA YANSIMALARI	45-69
Esra YILDIZ Nezahat KOÇYİĞİT	KORKU MU? YOKSA FIRSAT MI? YAPAY ZEKA VE ÇALIŞAN ALGILARI ÜZERİNE NİTEL BİR İNCELEME	70-71
Selin ENGİN	YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KAMU YÖNETİMİNDE SORUMLULUĞUN DAĞILMASI SORUNU: KARAR, HATA VE HESAP VERME ÜZERİNE BİR İNCELEME	72-73
Ezel Bilge YERLİ Hilal MOLA Ülkü İNCE	GEBELİK SÜRECİNDE BESLENME ALIŞKANLIKLARINDAKİ DEĞİŞİM: FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKENLERİN TÜKETİM TERCİHLERİNE YANSIMASI	74-75
Aykut SEZGİN	KENTSEL VE BÖLGESEL EKONOMİ BAĞLAMINDA AKILLI ŞEHİRLER: YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİLİMSSEL AĞ ANALİZİ	76-77
Melike Nisa ŞENCAN Canan ŞENTÜRK	G7 ÜLKELERİNDE YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİ: WESTERLUND YÖNTEMİNE DAYALI PANEL EŞBÜTÜNLEŞME PERSPEKTİFİ	78-95
Rıdvan ÖZTURGUT Murat BELKE	KADINLARIN FİNANSAL KAPSAYICILIĞI VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDEN PANEL VERİLERİNE DAYALI BULGULAR	96-97
Ayşe GÜNGÖR Abdallah ABUKALLOUB	THE EFFECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE IN THE LOGISTICS SECTOR ON OPERATIONAL EFFICIENCY AND SUPPLY CHAIN RESILIENCE: A CONCEPTUAL ANALYSIS	98-117
Abdulaziz GÜLAY	SİGORTACILIK SEKTÖRÜNDE HİLE ve SUİSTİMALLER	118-128
Zeynep Özge KALYONCU	YAPAY ZEKÂ İLE ÜRETİLEN ANİMASYONLARDA TEKİNSİZ VADİ ETKİSİ	129-130
Maher Hamzah Rashid ALSHAMIM	KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA HALK VE DİVAN EDEBİYATININ MÜŞTEREKLERİ	131-136
Ihsan ASAAD	AN AI-BASED APPROACH FOR THE AUTOMATIC CLASSİFICATION OF HUMANİTARIAN FINANCIAL TRANSACTIONS	137-138
Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN Zeliha YILDIRIM	DÖNGÜSEL EKONOMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEĞE ENTEGRASYONU: KÜRESEL ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİNİN PRISMA VE BİBLİYOMETRİK ANALİZLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	139-150
Ahsen ERGİNSOY Neşe KAYA	EPILEPSİ YÖNETİMİNDE KETOJENİK DİYET VE YAPAY ZEKA	151-156
Ahsen Erginsoy Emel Çolak	SAĞLIK BİLİMLERİNDE YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİKROBİYOM-KÖK HÜCRE-BESLENME EKSENİ VE TERAPÖTİK POTANSİYELİ	157-164
Canberk Şadi ŞEN İncilay YILDIZ	ERP SİSTEMLERİNDE STOK YÖNETİMİ SÜREÇLERİNİN ETKİNLİĞİNİN ANALİZİ: ERP'NİN STOK DOĞRULUĞU, DEVİR HIZI VE ENVANTER OPTİMİZASYONUNA ETKİSİ	165-171
Emel ÇOLAK	PAN-KANSER ANALİZLERİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN ORTAK GENETİK YOLAKLARIN TESPİTİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR DERLEMESİ	172-177

Emel ÇOLAK Ahsen ERGİNSOY	NAFLD'DE BESİN SİNYAL TAŞIYICILARI OLARAK BİTKİ KÖKENLİ HÜCRESEL DIŞ VESİKÜLLER: TEK SAĞLIK VE YAPAY ZEKA ENTEGRE BİR BAKIŞ AÇISI	178-184
Merve DENEK	KIRIKKALE BÖLGESİNİN UNUTULMAYA YÜZ TUTMUŞ YÖRESEL YEMEKLERİ	185-186
Tansu Hilmi HANÇER Samet GÜNGÖR	OSMANLI TAŞRA EKONOMİSİNİN YAPISI: TEMETTUAT DEFTERLERİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME (DEVREK ÖRNEĞİ)	187-188
Burcu KURTİŞ	YAPAY ZEKA VE GELENEKSEL SENARYO YAZIMI: ANLATI MANTIĞI, KARAKTER DERİNLİĞİ VE İZLEYİCİ TEPKİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	189-190
Deniz YILDIZ Cem ANGIN	YAPAY ZEKÂ KULLANIMI İÇİN YASAL GEREKLİLİKLER: YÖNETSEL AÇIDAN TERCİH Mİ- ZORUNLULUK MU?	191-192
Nesrin ŞALVARCI TÜRELİ Kürşat Han AYDIN	DİJİTALLEŞME ÇAĞINDA ÇALIŞANLARIN MEKÂNSAL EŞİTSİZLİKLERİ	193-206
Semiha YAZAR Yılmaz DAŞLI	SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂYA GÜVEN: BELİRLEYİCİLER, RİSKLER VE ETİK TARTIŞMALAR	207-219
Halimaton Sa'adiah Ariffin Nur Ilyana Ismarau Tajuddin Nur Amly Abd Majid Aiza Azrin Mohd Zain Rajermani Thinakaran	TRANSFORMATION IN STEM HIGHER EDUCATION: EXPLORING MOTIVATION, DIGITAL INCLUSION, AND MICRO-CREDENTIALING TRENDS	220-232
Halimaton Sa'adiah Ariffin Rajermani Thinakaran	MICRO-CREDENTIALS IN HIGHER EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF SKILL GAPS, EMPLOYABILITY, AND POLICY READINESS IN THE DIGITAL AGE	233-247
Azwa Syuhada Samshuddin Aspalilah Alias Faezah Rokhani Muhammad Faiz Mohd Fauad Choy Ker Woon Arofi Kurniawan	SEXUAL DIMORPHISM OF MAXILLARY SINUS IDENTIFICATION: AN ADVANCE GEOMETRIC MORPHOMETRIC ANALYSIS	248-259
Nur Farah Amirah Rizal Nur Ilyana Ismarau Tajuddin Halimaton Sa'adiah Ariffin Nur Amly Abd Majid Aiza Azrin Mohd Zain	SUNNAH KITCHEN: BRIDGING FAITH AND TECHNOLOGY THROUGH A DIGITALIZED ISLAMIC DIETARY WEB APPLICATION	260-273
Aynur İNCEKIRIK Mohammad Luqman YOUSUFİ	KÜRESEL SPOR GİYİM SEKTÖRÜNDE HİSSE SENEDİ FİYATI VE İŞLEM HACMİNİN DERİN ÖĞRENME MODELLERİ İLE TAHMİNİ	274-275
Ayşegül BAYKUL	EKOLOJİK KAPASİTE SINIRLARINDA BÜYÜME: OECD EKONOMİLERİNİN ÇEVRESEL VERİMLİLİK DİNAMİKLERİ VE İKLİM HEDEFLERİ	276-277
Burak ÖKDE	YAPAY ZEKA DESTEKLİ RİSK ANALİZ SİSTEMLERİNİN VERGİ KAYIP-KAÇAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	278-279

DİJİTAL TARİHÇİLİK BAĞLAMINDA YAPILAN İKTİSAT TARİHİ ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Abdulkadir ATAR

Marmara Üniversitesi, abdulcadir.atar@marmara.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5721-9826

ÖZET

Teknolojide yaşanan gelişmeler hiç şüphesiz bilgi üretimini ve bilginin kullanım alanlarında da etkisini göstermektedir. Hayvan kemikleri ve derisi gibi iptidai yazım koşullarından kâğıt teknolojisine, el yazısından matbaanın keşfine, kişisel daktilolardan bilgisayar teknolojisine uzanan teknolojik gelişmeler bilginin erişimini kolaylaştırdığı gibi bilgi üretimini de geometrik bir şekilde artırmıştır. Teknolojik gelişmelerin son halkasını ise şüphesiz yapay zekâ ve verinin dijitalleştirilmesidir. Son yıllarda verinin dijitalleştirilmesi yoluyla birincil arşiv kaynaklarına ve ikincil kaynaklara erişim kolaylaşmış, bu durum araştırmacıların veriye ulaşma imkanlarını artıran ve kaynaklara ulaşmada kolaylık sağlayan önemli bir gelişme olmuştur. Dijitalleşme yalnızca veriye ulaşmayla sınırlı kalmayarak görselleştirme ve nicel analiz yöntemlerinde de önemli gelişmeler yaşanmasını sağlamıştır. Örneğin optik karakter tanıma (OCR) adı verilen teknolojiyle matbu ve el yazısı metinler dijital ortama aktarılmaya başlanmış, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) teknolojileriyle mekânsal çözümlenmeler görsel bir boyut kazanmıştır. Bu ise araştırma konusunun farklı boyutlarla ve sebep-sonuç ilişkilerinin daha analitik bir yaklaşımla gerçekleştirilebilmesi imkânı sunmaktadır.

Yeni bir yaklaşım olarak benimsenen ve adına dijital tarihçilik verilen bu metodolojik yaklaşım, iktisat tarihi alanında da kendisini göstermektedir. Dijital tarihçilik, disiplinler arası bir çalışma yöntemini ön plana çıkartmakta; örneğin bir metnin çözümlenmesinde filolojiden, mekân kullanımında coğrafi bilgi sistemlerinden, tarihi malzemenin ortaya konulmasında tarih disiplininden, iktisadi analizde ise iktisat teorisinden yararlanılmaktadır.

Bu bildiri, dijital tarihçilik yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilen iktisat tarihi çalışmalarını genel hatlarıyla ele almakta ve yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemleri, veri kaynakları ve analiz tekniklerini inceleyerek literatürdeki mevcut durumu analiz etmeye çalışmaktadır. Sonuç olarak dijital tarihçilik, iktisat tarihi çalışmalarında analitik derinliği artıran ve disiplinler arası etkileşimi güçlendiren önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital tarihçilik, Dijital iktisat tarihi, GIS, OCR, Veri analitiği.

JEL Kodları: N00.

AN OVERVIEW OF ECONOMIC HISTORY STUDIES CONDUCTED WITHIN THE CONTEXT OF DIGITAL HISTORY

Doç. Dr. Abdulkadir ATAR

Marmara University, abdulkadir.atar@marmara.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5721-9826

ABSTRACT

Technological advancements have undoubtedly transformed both the production of knowledge and its fields of application. From primitive writing materials such as animal bones and skins to paper technology, from handwritten manuscripts to the invention of the printing press, and from personal typewriters to computer technology, these developments have not only facilitated access to information but have also led to an exponential increase in knowledge production. The latest stage of this technological evolution is undoubtedly represented by artificial intelligence and the digitalization of data.

In recent years, the digitalization of data has significantly improved access to primary archival sources and secondary literature, thereby expanding researchers' opportunities to obtain and utilize historical data. Digitalization has gone beyond facilitating access to information and has also contributed to substantial advances in visualization and quantitative analysis methods. For instance, technologies such as Optical Character Recognition (OCR) have enabled printed and handwritten texts to be transferred into digital environments, while Geographic Information Systems (GIS) have added a visual and spatial dimension to historical analysis. These developments provide researchers with new opportunities to examine historical phenomena from multiple perspectives and to explore causal relationships through more analytical approaches.

As a relatively new methodological approach, digital history has increasingly influenced the field of economic history. Digital history emphasizes interdisciplinary research methods, drawing upon philology for textual analysis, Geographic Information Systems for spatial investigations, historical scholarship for the interpretation of historical materials, and economic theory for economic analysis.

This paper provides a general overview of economic history studies conducted within the framework of digital history. It examines the methods, data sources, and analytical techniques employed in these studies and evaluates the current state of the literature. The findings suggest that digital history has emerged as a significant approach that enhances analytical depth and strengthens interdisciplinary interaction in economic history research.

Keywords: Digital history, Digital economic history, GIS, OCR, Data analytics.

JEL Classification: N00.

DİJİTAL İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ VE YÖNETİMİ

Mesut YAŞAR

Balıkesir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Balıkesir / Türkiye
yasarmesut10@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8573-0197

Prof. Dr. Pelin VARDARLIER

Balıkesir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Balıkesir / Türkiye
pelin.vardarliyer@balikesir.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5101-6841

ÖZET

Bu çalışmada, dijital insan kaynakları yönetimi süreçlerinde yapay zekâ teknolojilerinin iş sağlığı ve güvenliği (İSG) risk analizi ve yönetimine nasıl entegre edilebileceği incelenmektedir. Günümüzde yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla geçmiş iş kazası kayıtları, ramak kala olaylar, tehlike bildirimleri ve diğer dijital veri kaynaklarından elde edilen büyük veriler analiz edilmekte; bu veriler doğrultusunda gelecekte ortaya çıkabilecek risklerin tahmin edilmesi mümkün hâle gelmektedir. Makine öğrenmesi ve veri analitiği algoritmaları kullanılarak yüksek riskli departmanlar, görev türleri, çalışan davranış kalıpları ve dijital sistemlerdeki süreç zayıflıkları belirlenmekte ve bu doğrultuda proaktif önlemler geliştirilmektedir. Ayrıca üretim ve operasyonel alanlarda kullanılan kamera sistemleri, sensörler, giyilebilir teknolojiler ve diğer dijital izleme araçları aracılığıyla çalışan hareketleri ve çevresel koşullar gerçek zamanlı olarak izlenmekte; kişisel koruyucu donanım kullanımı, tehlikeli bölgelere girişler, ergonomik riskler ve sistem tabanlı hatalar anlık olarak tespit edilebilmektedir. Bu kapsamda dijital insan kaynakları birimleri tarafından yalnızca idari süreçlerin değil, aynı zamanda çalışan sağlığı ve güvenliğinin de veri temelli ve dijital yaklaşımlarla yönetilmesi sağlanmaktadır. Böylece, hedefe uygun dijital eğitim programlarının planlanması, davranış odaklı ve veri destekli güvenlik uygulamalarının geliştirilmesi ile önleyici politikaların oluşturulması mümkün olmaktadır. Bununla birlikte, yapay zekâ tabanlı sistemlerin sürdürülebilir ve etik biçimde uygulanabilmesi için veri güvenliği, kişisel verilerin korunması, algoritmik yanlılık, sistem doğruluğu ve insan-makine etkileşimi gibi kritik unsurların dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda çalışmada, dijital insan kaynakları yönetimi çerçevesinde yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu stratejik fırsatlar ve beraberinde getirdiği kurumsal riskler bütüncül bir perspektifle değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, Dijital insan kaynakları yönetimi, İş sağlığı ve güvenliği, Risk analizi ve yönetimi

Jel Kodları: J28, M12, O33

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT IN DIGITAL HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Mesut YAŞAR

Balıkesir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Balıkesir / Türkiye

yasarmesut10@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8573-0197

Prof. Dr. Pelin VARDARLIER

Balıkesir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Balıkesir / Türkiye

pelin.vardarli@balikesir.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5101-6841

ABSTRACT

This study examines how artificial intelligence (AI) technologies can be integrated into occupational health and safety (OHS) risk analysis and management within digital human resource management processes. Today, large datasets obtained from past occupational accident records, near-miss incidents, hazard reports, and other digital data sources can be analyzed through AI applications, making it possible to predict potential future risks. By utilizing machine learning and data analytics algorithms, high-risk departments, job types, employee behavior patterns, and process weaknesses within digital systems can be identified, enabling the development of proactive preventive measures. Furthermore, employee movements and environmental conditions can be monitored in real time through camera systems, sensors, wearable technologies, and other digital monitoring tools used in production and operational environments. This enables the instant detection of personal protective equipment (PPE) compliance, unauthorized access to hazardous areas, ergonomic risks, and system-based errors. Within this framework, digital human resource units are able to manage not only administrative processes but also employee health and safety through data-driven and digital approaches. Consequently, it becomes possible to design targeted digital training programs, develop behavior-oriented and data-supported safety practices, and establish preventive policies. However, for AI-based systems to be implemented sustainably and ethically, critical issues such as data security, personal data protection, algorithmic bias, system accuracy, and human-machine interaction must be carefully considered. In this context, the study evaluates both the strategic opportunities offered by AI technologies and the organizational risks they may introduce within the framework of digital human resource management from a holistic perspective.

Keywords: Artificial Intelligence, Digital Human Resource Management, Occupational Health and Safety, Risk Analysis and Management.

Jel Codes: J28, M12, O33

1. GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ), insan bilişsel yeteneklerini gerektiren algılama, öğrenme ve karar verme süreçlerini bilgisayar sistemleriyle yerine getirir (Zeng, 2020). Gelişmiş algoritmalar sayesinde büyük veri kümelerini hızlıca analiz ederek veri temelli ve doğru karar alınmasını sağlar. Bu çalışma, dijital insan kaynakları yönetiminde YZ'nin entegrasyonunun iş sağlığı ve güvenliği (İSG) risklerini analiz ve yönetmeye katkılarını incelemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, YZ'nin insan kaynakları (İK) süreçlerinde verimlilik, maliyet ve zaman avantajları ile İSG'de risk tahmini ve önleyici önlemler geliştirmedeki rolü vurgulanmaktadır. YZ teknolojisi, İK süreçlerini veri odaklı ve sistematik hâle getirmektedir. İşe alım, yetenek yönetimi ve ücretlendirme gibi fonksiyonlarda YZ kullanımı, çalışan deneyimini iyileştirirken zaman, maliyet ve bilgi yönetiminde verimlilik sağlar. Ayrıca İK yöneticileri operasyonel yüklerini

azaltarak stratejik planlama ve veri analizine odaklanabilmekte; büyük veri analizi, nitelikli adaylara hızlı ve düşük maliyetle ulaşmayı mümkün kılmakta ve diyalog temelli YZ uygulamaları ile yeni çalışanların uyum süreçleri desteklenmektedir (Kambur, 2022a). İSG, çalışanların sağlık ve refahını etkileyebilecek tehlikelerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrolünü amaçlar (Alli, 2008). Dijital İK süreçlerinde YZ uygulamaları, iş kazaları, ramak kala olaylar ve tehlike bildirimleri gibi büyük veri kaynaklarını analiz ederek risklerin öngörülmesini sağlar. Böylece yüksek riskli departmanlar ve görevler belirlenebilir; proaktif önlemlerle veri temelli bir İSG yönetimi uygulanabilir (Saka, 2025). Dijital dönüşüm ve YZ entegrasyonu, İK ve İSG süreçlerini daha etkin ve stratejik hâle getirirken, karar alma süreçlerini nesnel ve veri odaklı kılar. Çalışma, YZ'nin dijital İK yönetiminde sunduğu fırsatlar ve İSG süreçlerindeki katkılarını bütüncül bir perspektifle ele almaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Yapay Zekâ ve İnsan Kaynakları Yönetimi

YZ, insan bilişsel yeteneklerini taklit ederek öğrenme, karar verme ve problem çözme süreçlerini bilgisayar sistemleriyle gerçekleştirebilen bir teknolojidir (TDK, 2025; Russell & Norvig, 2010). Makine öğrenmesi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi alt dalları sayesinde YZ, farklı sektörlerde veri odaklı karar destek sistemleri sunmakta, tekrarlayan görevleri otomatikleştirerek stratejik işlere odaklanmayı sağlamaktadır (Kişi, 2023; Boudrias, 2020). İnsan Kaynakları Yönetimi'nde YZ, işe alım, eğitim, performans değerlendirme ve kariyer yönetimi süreçlerini hızlandırmakta, nitelikli adaylara hızlı erişim, kişiselleştirilmiş eğitim ve gelişim önerileri sunmaktadır (Demir, 2019; Navaz vd., 2024). İK 4.0 ve İK 5.0 yaklaşımları, YZ ve Endüstri 4.0 teknolojileri ile süreçleri dijitalleştirirken, insan merkezli ve etik bir perspektifi vurgular (Biliavska, 2022; Kambur, 2022b). Uygulama örnekleri, YZ'nin somut katkılarını göstermektedir: DBS Bank'ın JIM botu işe alım süresini kısaltmış; Hilton ve IBM YZ ile işe alım ve performans değerlendirme süreçlerini hızlandırmış ve doğruluğu artırmıştır (Zeng, 2020; Meister, 2019; Kapoor, 2020; Grefe & Peyrat-Guillard, 2020; Sindu, 2018; Shanmugam & Garg 2015; Kambur, 2020; Goldfarb vd., 2020; Sumser, 2019). Pandemi döneminde İK süreçlerinin dijital platformlara taşınması, YZ uygulamalarıyla desteklenmiş; işe alım, performans değerlendirme ve çalışan deneyimi iyileştirilmiş, kurum içi performans yönetimi daha etkin hâle gelmiştir (Minbaeva, 2021; Garg vd., 2022).

2.2. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)

İSG, Avrupa Birliği sürecindeki Türkiye'de son yıllarda önem kazanmış bir kavramdır (Yaşar & Saraçoğlu, 2021). İSG, işyerinde çalışanların sağlık ve refahını olumsuz etkileyebilecek tehlikelerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrol altına alınmasını amaçlayan bir bilim dalıdır; toplum ve çevre üzerindeki etkiler de bu bilim dalında göz önünde bulundurulur (Alli, 2008). İnsan Kaynakları, hem kanunlar hem de etik gereği çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumak zorundadır. Bu nedenle, kimsenin fiziksel veya ruhsal olarak zarar görmeyeceği güvenli bir iş ortamı oluşturmak İK'nın temel görevidir. Bu süreç; risklerin tespiti, önlemlerin alınması, denetimlerin uygulanması, eğitimlerin planlanması ve çalışan geri bildirimlerinin alınmasını kapsar (Başaran, 2016; Akdemir, 2005). Türkiye'de İSG, 6331 sayılı Kanun ile düzenlenmiş olup, etkili uygulamalar iş kazalarını azaltırken, çalışan memnuniyetini ve bağlılığını artırmakta, örgütlerin sürdürülebilirliğini ve itibarını güçlendirmektedir.

2.3. Geleneksel İSG risk yönetimi süreçleri

Risk yönetimi, risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi, uygun stratejilerin geliştirilmesi ve mevcut kaynaklarla azaltılmasını kapsayan bütüncül bir süreçtir (Daft, 1991). İnsan, çevre, yönetim ve malzeme kaynaklı tehlikeler SWOT analizi, balık kılıcı diyagramı ve kontrol listeleri ile belirlenir (Hertz & Howard, 1983; Emhan, 2006). Tanımlanan riskler, potansiyel kayıp ve olasılık temelinde önceliklendirilir ve Heinrich yasasına göre küçük kazalar büyük kazaların habercisi olarak değerlendirilir (Greenfield, 1998; Vaughan-Vaughan, 1995). Ayrıca ramak kala olaylar da göz ardı edilmemelidir. Riskten kaçınma, üstlenme, azaltma veya transfer etme gibi stratejiler seçilir ve operasyonel olarak uygulanır; sonuçlar izlenir ve gerekirse revize edilir (Drucker, 1996; Newman, 1979; Erdoğan, 2000). Temel prensipler arasında gereksiz risklerden kaçınmak, fayda-maliyet dengesine göre risk kabul etmek ve risk yönetimini organizasyonel planlamaya entegre etmek yer alır (Hv. K.K.lığı Risk Yönetimi Yönergesi, 2008). Uygulanan teknikler arasında aktif/pasif kontrol, risk transferi, risk azaltma ve sigortalanabilir riskler bulunur (Vaughan-Vaughan, 1995; Rejda, 1997; Erşen, 1999).

2.4. Yapay Zekâ Tabanlı Risk Analizi ve Proaktif İSG Yönetimi

YZ, İSG alanında büyük veri analizi yoluyla tehlikeleri tahmin etme ve riskleri azaltma imkânı sunmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları; geçmiş kaza kayıtları, saha görüntüleri ve çevresel sensör verilerini analiz ederek potansiyel güvenlik ihlallerini önceden tespit edebilmekte, böylece iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Büyük dil modelleri (LLM'ler) ise risk değerlendirme süreçlerinde belirsizlikleri azaltarak karar alma mekanizmalarını güçlendirmektedir (Warrick, 2024; Diemert & Weber, 2023). Gerçek zamanlı veri toplayan biyosensörler ve çevresel sensörler aracılığıyla çalışan maruziyetleri izlenmekte; büyük veri analitiği sayesinde risk faktörleri belirlenerek eğitim ve önleyici planlar çalışan özelinde optimize edilmektedir (UNESCO-UNEVOC, 2021; Quentic, 2023). YZ destekli izleme ve uzman sistemler, potansiyel tehlikeleri tespit ederek yönetime ve İSG profesyonellerine anlık uyarılar sunmakta; risklerin önceden kontrol edilmesine, çalışan hatalarının düzeltilmesine ve hedefe yönelik proaktif denetimlerin gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (Policy Brief, 2021; Longinos & Widlund, 2024). Uygulama örnekleri de bu yaklaşımın etkinliğini göstermektedir. Atatürk Üniversitesi'nde yapay sinir ağları ile risk analizi desteği sağlanmış (Alaeddinoğlu vd., 2015); SYSKLASS programı kapsamında FMEA ve HAZOP yöntemleri uygulanmıştır (Baron vd., 2012). Ayrıca YZ destekli eğitim içerikleri çalışan yetkinliklerinin güncel tutulmasına katkı sunmakta (Leiker vd., 2023); BMW Group'ta kullanılan ProGlove sistemi ise barkod okuma operasyonlarını %40 hızlandırarak hem iş güvenliğini hem de verimliliği artırmaktadır (Kerner, 2022).

3. DİJİTAL VERİ KAYNAKLARI VE İZLEME TEKNOLOJİLERİ

Dijital ekonomi, büyük veri, yapay zekâ, bulut bilişim, nesnelerin interneti ve blok zinciri gibi teknolojilerle üretimden tüketime ekonomiyi dönüştürmektedir. Akıllı üretim teknolojileri üretimi verimli ve esnek hâle getirirken (Bonney vd., 2024; Brand vd., 2024), e-ticaret ve akıllı lojistik malların dağıtımını optimize etmekte, dijital teknoloji ise kişiselleştirilmiş tüketim kalıplarını mümkün kılmaktadır (Goldfarb & Tucker, 2019). İSG' de ise giyilebilir teknolojiler, çalışanların fizyolojik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı izleyerek kazaları azaltmak, ergonomik riskleri en aza indirmek ve performansı artırmakta; ancak veri güvenliği, mahremiyet ve etik kaygılar dikkate alınarak insan merkezli bir entegrasyon gerekmektedir (Karasu, 2025). ILO (2023) verilerine göre her yıl yaklaşık üç milyon işçi iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını yitirmektedir. Bu nedenle, iş yerlerindeki makine, ekipman ve prosedürlerin teknolojik gelişmelere uyumlu hâle getirilmesi ve insan odaklı İSG teknolojilerinin uygulanması zorunludur. YZ, kişisel koruyucu donanımların etkinliğini artırmak için önemli fırsatlar sunmaktadır (Arıca, 2025; Sánchez vd., 2021). Endüstri 4.0

bileşenleri olan sensör teknolojileri, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve veri analitiği, giyilebilir cihazlar aracılığıyla proaktif ve veri temelli İSG uygulamalarına imkân tanımaktadır. Bu cihazlar, çalışanların fizyolojik, biyomekanik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı olarak izleyerek kazaların önlenmesine, ergonomik risklerin tespitine ve sağlık sorunlarının erken teşhisine katkı sağlamaktadır (Awolusi vd., 2018). Giyilebilir teknolojiler, çalışanların fiziksel durumlarının yanı sıra stres ve yorgunluk seviyelerini de izleyerek işyeri güvenliğinin bütüncül biçimde yönetilmesini desteklemektedir. Nabız, terleme, kalp atım hızı ve hareket sensörlerinden elde edilen veriler; aşırı yüklenme, tükenmişlik ve riskli davranışları ortaya çıkararak önleyici stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Kalantari, 2017). Akıllı saatler, sensörlü eldivenler, artırılmış gerçeklik (AR) gözlükleri, akıllı kemerler ve akıllı tekstiller gibi cihazlar, günümüzde İSG uygulamalarının ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir (Aksüt vd., 2024; Alp & Doğan, 2021). Bu teknolojiler sayesinde erken uyarı sistemleri güçlenmekte, veri destekli risk yönetimi ile iş kazaları azaltılmakta ve ergonomik ile görünmez riskler daha izlenebilir hâle gelmektedir (Alp & Doğan, 2021). İş kazalarının temel nedenleri genellikle kötü tasarlanmış iş organizasyonu, uygunsuz ekipman ve insan hatası gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Li & Poon, 2013; Nabila & Widowati, 2023). Bu çerçevede, kişisel koruyucu donanımların (KKD) uygun kullanımı, iş kazalarını önlemede kritik bir rol oynamaktadır (Ceylan & Başhelvacı, 2011; Malta vd., 2024). Ancak inşaat ve maden sektörlerinde KKD kullanımının düşük olması kazaların sıklığını artırmaktadır (Sehsah vd., 2020; Man vd., 2021; Magalhães & Caldas, 2019). Gelişen teknoloji ile KKD'ler sensörler, dedektörler ve diğer elektronik bileşenlerle donatılarak akıllı hâle gelmekte; akıllı kasklar, sensörlü eldivenler ve akıllı kıyafetler, çalışanların fizyolojik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı izleyerek kazaları önlemeye yardımcı olmaktadır (Li vd., 2014; Qiang vd., 2009; Campero-Jurado vd., 2020). Yapay zekâ ve makine öğrenimi entegrasyonu, KKD kullanımını izleme, anormallikleri tespit etme ve erken uyarı sistemleri geliştirme imkânı sunmakta, Nesnelerin İnterneti (IoT) ile desteklenen cihazlar ise risklerin uzaktan izlenmesini ve operasyonel verimliliğin artırılmasını sağlamaktadır (Sánchez vd., 2021; Cabrejos & Roman-Gonzalez, 2023; Huang vd., 2023; Ahmed vd., 2023; Velasco vd., 2024; Lalitha vd., 2023; Márquez-Sánchez vd., 2020). Bu gelişmeler, KKD kullanımının etkinliğini artırarak iş kazalarını azaltmakta ve çalışan güvenliğini bütüncül bir şekilde güçlendirmektedir. Bununla birlikte, dijital ekonomi ve veri odaklı süreçlerin işyeri yönetimi ve üretim performansını artırabilmesi için veri güvenliği, mahremiyet ve etik kaygıların da dikkate alınması gerekmektedir. İnsan merkezli teknolojik entegrasyon, ancak bu unsurların dengeli şekilde yönetilmesiyle İSG'de sürdürülebilir bir yaklaşım sunabilmektedir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, dijital insan kaynakları yönetiminde yapay zekâ tabanlı uygulamalar, iş sağlığı ve güvenliği süreçlerinde proaktif, veri temelli ve bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Geçmiş iş kazaları, tehlike bildirimleri ve sensör verileri gibi büyük veri kaynaklarının analiz edilmesi, yüksek riskli alanların ve potansiyel tehlikelerin önceden belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Giyilebilir teknolojiler, sensörler ve dijital izleme araçları sayesinde çalışanların fizyolojik, psikolojik ve çevresel durumları gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte, ergonomik riskler ve insan hatalarına dayalı tehlikeler hızlıca tespit edilmektedir. Bu sayede İK birimleri, yalnızca idari süreçleri değil, aynı zamanda çalışan sağlığı ve güvenliğini de sistematik ve veri odaklı bir şekilde yönetebilmektedir. Ancak, yapay zekâ uygulamalarının etkinliği, etik ilkeler, veri güvenliği, algoritmik doğruluk ve insan-makine etkileşimi gibi kritik unsurların dikkate alınmasıyla güvence altına alınabilir. Bu bağlamda, yapay zekâ teknolojilerinin stratejik entegrasyonu, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılmasına katkı sağlarken, işyerinde

güvenlik kültürünün güçlendirilmesi ve sürdürülebilir bir İSG yönetimi için temel bir araç olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ahmed, M., Saraireh, L., Rahman, A., Al-Qarawi, S., Mhran, A., Al-Jalaoud, J., Al-Mudaifer, D., Al-Haidar, F., Alkhulaifi, D., Youldash, M., & Gollapalli, M. (2023). Personal protective equipment detection: A deep-learning-based sustainable approach. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151813990>
- Akdemir, A. (2005). *İşletme yönetimi*. Ekin Yayıncılık.
- Aksüt, G., Eren, T., & Alakaş, H. M. (2024). Using wearable technological devices to improve workplace health and safety: An assessment on a sector base with multi-criteria decision-making methods. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2). <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2023.102423>
- Alaeddinoğlu, M., Sincar, S., & Naralan, A. (2015). İş sağlığı ve güvenliğinde risk analizi ve değerlendirmesi için geliştirilmiş bir karar destek sistemi (yapay sinir ağı)-Atatürk Üniversitesi örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 275, 290–291.
- Alli, B. O. (2008). *Fundamental principles of occupational health and safety*. Geneva: ILO.
- Alp, M., & Doğan, S. (2021). Giyilebilir teknolojiler ve iş ilişkisine etkileri. *Çalışma ve Toplum*, 4(71), 2599–2632. <https://doi.org/10.54752/CT.1155408>
- Arıca, F. (2025). Yapay zekâ destekli kişisel koruyucu donanımların verimliliği. *International Academic Social Resources Journal*, 10(3), 144–149. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15762449>
- Awolusi, I., Marks, E., & Hallowell, M. (2018). Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. *Automation in Construction*, 85, 96–106. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2017.10.010>
- Baron, P., Brazda, P., Dobransky, J., & Kocisko, M. (2012). Expert system approach to safety management. In *Risk Analysis VIII*. WIT Press.
- Başaran, F. (2016). *İş sağlığı ve güvenliği*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Bilivaska, N. (2022). Digital transformation of HR: Artificial intelligence impact. *Human Capital Management Review*, 28(2), 125–138.
- Bonney, K., Breaux, C., Buffington, C., Dinlersoz, E., Foster, L. S., Goldschlag, N., ... & Savage, K. (2024). Tracking firm use of AI in real time: A snapshot from the Business Trends and Outlook Survey (No. w32319). National Bureau of Economic Research.
- Boudrias, J.-S. (2020). Artificial intelligence in HR practices: Opportunities and challenges. *International Journal of Human Resource Studies*, 10(2), 120–135.
- Brand, J. M., Demirer, M., Finucane, C., & Kreps, A. A. (2024). Firm productivity and learning in the digital economy: Evidence from cloud computing. National Bureau of Economic Research.
- Cabrejos, J., & Roman-Gonzalez, A. (2023). Artificial intelligence system for detecting the use of personal protective equipment. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2023.0140561>

- Campero-Jurado, I., Marquez-Sanchez, S., Quintanar-Gomez, J., Rodriguez, S., & Corchado, J. M. (2020). Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things using artificial intelligence. *Sensors (Basel)*, 20(21). <https://doi.org/10.3390/s20216241>
- Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 25–33.
- Daft, R. L. (1991). *Management* (Sec. ed.). Dryden Press.
- Demir, K. (2019). İnsan kaynaklarında yapay zeka kullanımı. *Akıllı İşler Dergisi*. Elde edilme tarihi: 2 Mart 2026, <https://www.sektorundergisi.com/insan-kaynaklarinda-yapay-zeka-kullanimi/>
- Diemert, S., & Weber, J. H. (2023). Can large language models assist in hazard analysis? *Arxiv*, 1–13.
- Drucker, P. F. (1996). *Yönetim uygulaması* (E. S. Yarmalı, Çev.). İstanbul.
- Emhan, A. (2006). 7 nci Ana Jet K.ığı Üs Uçuş ve Yer Emniyeti Semineri, “Risk Yönetiminden Ne Anlıyoruz? Birliğimizdeki Uygulama Durumu Nedir?”. Malatya.
- Erdoğan, M. (2000). *Genel işletme* (Ş. Özalp, Ed.). Anadolu Üniversitesi Yayınları No:931. Eskişehir.
- Erşen, İ. (1999). *Sigortacılıkta risk yönetimi* [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Sos. Bil. Enst.]. İstanbul.
- Greenfield, M. (1998). Normal accident theory. In H. W. Heinrich, *Industrial accident prevention*. McGraw Hill.
- Garg, S., Sinha, S., Kar, A. K., & Mani, M. (2022). A review of machine learning applications in human resource management. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(5), 1590–1610.
- Goldfarb, A., Taska, B., & Teodoridis, F. (2020). Artificial intelligence in health care? Evidence from online job postings. *AEA Papers and Proceedings*, 110(11), 400–404.
- Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 3–43.
- Grefe, G., & Peyrat-Guillard, D. (2020). *Shapes of tourism employment: HRM in the worlds of hotels and air transport*. John Wiley & Sons.
- Hv. K.K.ığı Risk Yönetimi Yönergesi. (2008). Ankara. (AFP–91–215 Operations Risk Management Guidelines and Tools, USA, 1998).
- Hertz, D. B., & Howard, T. (1983). *Risk analysis*. Singapore.
- Huang, T., Li, S., Ran, J., Xu, Y., Asakawa, T., & Lu, H. (2023). Effectiveness of an artificial intelligence-based training and monitoring system in prevention of nosocomial infections: A pilot study of hospital-based data. *Drug Discoveries & Therapeutics*. <https://doi.org/10.5582/ddt.2023.01068>
- Kalantari, M. (2017). Consumers’ adoption of wearable technologies: Literature review, synthesis, and future research agenda. *International Journal of Technology Marketing*, 12(3), 274–307. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2017.089665>

- Kambur, E. (2020). Yapay zekanın insan kaynakları süreçlerinde yaratabileceği değişiklikler ve algılanma düzeyleri [Yayınlanmamış doktora tezi, Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi].
- Kambur, E. (2022a). İş görüşmelerinde yapay zeka. *Journal of Management and Economics Research*, 20(1), 513–529. <https://doi.org/10.11611/yead.976034>
- Kambur, H. (2022b). İnsan kaynakları 5.0: Teknoloji ve insan merkezli dönüşüm. *Uluslararası Yönetim Dergisi*, 18(4), 410–425.
- Kapoor, S. (2020). HR trends in the era of artificial intelligence. In *Transforming Management Using Artificial Intelligence Techniques* (pp. 51–61).
- Karasu, L. (2025). Giyilebilir teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki rolü. In S. Sönmez (Ed.), *Yeni nesil yönetim: Dijital çağda sistem, süreç, strateji ve dönüşüm*. Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1131.c4633>
- Kerner, S. (2022). Evaluation of manually completed manufacturing assembly processes through a wearable force and motion sensing system integrated into a glove [Yüksek lisans tezi]. *All Theses*. https://open.clemson.edu/all_theses/3875
- Kişî, A. (2023). Yapay zekâ ve insan kaynakları yönetiminde dönüşüm. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(2), 95–110.
- Lalitha, K., Ramya, G., & Shunmugathammal, M. (2023). AI-based safety helmet for mining workers using IoT technology and ARM Cortex-M. *IEEE Sensors Journal*, 23, 21355–21362. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2023.3296523>
- Leiker, D., Gyllen, A., Eldesouky, I., & Cukurova, M. (2023). Generative AI for learning: Investigating the potential of learning videos with synthetic virtual instructors. *Artificial Intelligence in Education*, 523–529. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36336-8_81
- Li, P., Meziane, R., Otis, M. J. D., Ezzaidi, H., & Cardou, P. (2014, October). A smart safety helmet using IMU and EEG sensors for worker fatigue detection. In *2014 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE) Proceedings* (pp. 55–60). IEEE.
- Li, R. Y. M., & Poon, S. W. (2013). *Construction safety*. Springer Science & Business Media.
- Longinos, M., & Widlund, J. (2024). How AI can be used for OSHA regulations. Retrieved April 15, 2024, from <https://civils.ai/blog/ai-for-osharegulations>
- Magalhães, A. F. A., & Caldas, E. D. (2019). Occupational exposure and poisoning by chemical products in the Federal District. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72, 32–40.
- Márquez-Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Quintanar-Gómez, J., Rodríguez, S., & Corchado, J. (2020). Smart belt design by naïve Bayes classifier for standard industrial protection equipment integration. *International Journal of Artificial Intelligence*, 18, 186–201.
- Malta, G., Matera, S., Plescia, F., Calascibetta, A., Argo, A., & Cannizzaro, E. (2024). Occupational accidents and the use of PPE: A global meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1368991. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1368991>
- Man, S. S., Alabdulkarim, S., Chan, A. H. S., & Zhang, T. (2021). The acceptance of personal protective equipment among Hong Kong construction workers: An integration of technology acceptance model and theory of planned behavior with risk perception and safety climate. *Journal of Safety Research*, 79, 329–340.

- Meister, J. (2019). Ten HR trends in the age of artificial intelligence. *Forbes Magazine*, 1(8), 1–13.
- Minbaeva, D. (2021). Disrupted HR?. *Human Resource Management Review*, 31(4), 100820.
- Nabila, S., & Widowati, E. (2023). Correlation between the factors of unsafe acts and unsafe conditions and the occurrence of work accidents among construction workers (a case study of PT X at Hospital Y project). *Periodicals of Occupational Safety and Health*.
- Navaz, N., Arunachalam, H., Pathi, B. K., & Gajenderan, V. (2024). İnsan kaynakları yönetim uygulamalarında yapay zekânın benimsenmesi. *Uluslararası Bilgi Yönetimi Veri Analizleri Dergisi*, 4(1), 100208. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2023.100208>
- Newman, W. H. (1979). *Karar vermenin temel evreleri* (K. Sürgit, Çev.). TODAİE Yayınları No:186, Ankara.
- Policy Brief. (2021). *Impact of AI on OSH*. EU-OSHA. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Policy-brief-Impact-AI-OSH_EN.pdf
- Quentic. (2023, August 7). Artificial intelligence in risk and safety management. Retrieved May 27, 2024, from <https://www.quentic.com/articles/ai-in-risk-and-safety-management/>
- Rejda, G. (1997). *Principles of risk management and insurance*. Amsterdam.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Saka, B. (2025). İnsan kaynakları gözünden yapay zekâ kavramı: Nitel bir araştırma [Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Sánchez, S., Campero-Jurado, I., Herrera-Santos, J., Rodríguez, S., & Corchado, J. (2021). Intelligent platform based on smart PPE for safety in workplaces. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21. <https://doi.org/10.3390/s21144652>
- Sehsah, R., El-Gilany, A. H., & Ibrahim, A. M. (2020). Personal protective equipment (PPE) use and its relation to accidents among construction workers. *Med Lav*, 111, 285–295. <https://doi.org/10.23749/mdl.v111i4.9398>
- Shanmugam, S. & Garg L. (2015). Model employee appraisal system with artificial intelligence capabilities. *Journal of Cases on Information Technology*, 17(3), 30–40.
- Sindu, M. (2018). Artificial intelligence vs. human resource practices in banking sector. *International Journal of Social Science and Economic Research*, 3(9), 5253–5258.
- Sumser, J. (2019). *Into the maze: An introduction to intelligent tools in HR technology*. HREXAMINER Press.
- TDK. (2025). Yapay zekâ tanımı. *Türk Dil Kurumu Güncel Sözlük*. <https://sozluk.gov.tr>
- UNESCO-UNEVOC. (2021). *Understanding the impact of artificial intelligence on skills development*. France-Germany: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; International Centre for Technical and Vocational Education and Training.
- Warrick, B. L. (2024, March 21). The role of artificial intelligence in occupational safety and health practices (OSH). University of South Florida. <https://www.usf.edu/health/public-health/news/2024/ai-in-oshpractices.aspx>
- Vaughan, E.-V. T. (1995). *Essentials of insurance: A risk management perspective*. New York.

- Velasco, M., & Marasigan, R. (2024). Enhancing personal protective equipment compliance and usage accuracy on construction sites through YOLOv7 detection. *2024 IEEE 7th International Conference on Big Data and Artificial Intelligence (BDAI)*, 205–212. <https://doi.org/10.1109/BDAI62182.2024.10692912>
- Yaşar, M., & Saraçoğlu, T. (2021). Balıkesir ilinde tarım makinaları sanayi çalışanlarının iş güvenliği ve ergonomi algılarının değerlendirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 17(1), 1–13. <https://izlik.org/JA52GM27ZL>
- Zeng, H. (2020). Adaptability of artificial intelligence in human resources management in this era. *International Journal of Science*, 7(1), 271–276.

İKİNCİ DEMOGRAFİK DÖNÜŞÜM KURAMI EKSENİNDE TÜRKİYE'DE AİLE AÇISINDAN GÜNCEL DÖNÜŞÜMLER VE SOSYAL POLİTİKA YANSIMALARI

Doç. Dr. Esat İPEK

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü

esat.ipek@aybu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0440-9690

Esra ÇAĞLIYAN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Politika Ana Bilim Dalı

esra.cagliyan21@aybu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0835-7525

ÖZET

Son yıllarda dünya çapında olduğu gibi Türkiye'de de aile yapısı ve demografik göstergelerde önemli değişimler gözlemlenmektedir. Bu değişimler, toplumsal, ekonomik ve kültürel boyutlarıyla aile yaşamını ve sosyal politika gereksinimlerini etkilemektedir. Bu çalışma, Türkiye'de demografide ve aile yapısında son yıllarda gözlemlenen dönüşümleri, İkinci Demografik Dönüşüm Kuramı çerçevesinde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu teori, düşük doğurganlık, evlilik yaşının yükselmesi, bireyselleşme ve değerler sistemindeki değişimlerle karakterize edilen bir sürece, demografik dönüşüm sürecine işaret etmektedir. Bu bağlamda çalışma, Türkiye'de yaşanan doğurganlık oranlarının düşüşü, ilk evlilik yaşının yükselmesi, boşanma oranlarındaki artış ve hanehalkı yapısındaki değişimleri demografik göstergeler üzerinden ele almaktadır. Bunun yanı sıra aile yapısı üzerindeki etkileri de değerlendirme kapsamına alınmaktadır. Doküman taraması yöntemine dayalı olarak ulusal ve uluslararası literatür ile birlikte Türkiye İstatistik Kurumu başta olmak üzere çeşitli kurumsal veri kaynaklarına dayanan çalışmada ayrıca, söz konusu bu demografik dönüşümlerin sosyal politika alanına yansımaları özellikle aile politikaları bağlamında ele alınmaktadır. Farklı disiplinlerde üretilen teorik ve ampirik çalışmalar sistematik biçimde incelenerek Türkiye'deki demografik dönüşüm süreci İkinci Demografik Dönüşüm Kuramı bağlamında tartışılmaktadır. Yapılan incelemelerde erişilen bulgular ve değerlendirmeler Türkiye'de demografik dönüşümün hızlı bir biçimde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu dönüşümler, bireysel tercihler, aile yapıları, toplumsal değerler ve sosyal politika uygulamaları üzerinde de derin etkiler bırakmaktadır. Doğurganlık hızındaki düşüş, hanehalkı büyüklüğündeki azalma, yaşlı nüfusun artışı ve evlilik dinamiklerindeki değişimlerin hem bireysel yaşam biçimlerini hem de toplumsal unsurları dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Çalışma, dönüşümleri dikkate alan aile odaklı sosyal politikaların önemini vurgulamakta, doğum destekleri, çocuk bakım hizmetleri ve kuşaklar arası dayanışmayı güçlendirecek türdeki önlemlerin, yalnızca ekonomik teşviklerle değil, bütüncül sosyal politika anlayışıyla uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aile Politikaları, Aile Yapısı, İkinci Demografik Dönüşüm, Sosyal Politikalar, Türkiye

Jel Kodları: J11, J12, J13

CONTEMPORARY TRANSFORMATIONS OF THE FAMILY IN TÜRKİYE AND THEIR SOCIAL POLICY IMPLICATIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SECOND DEMOGRAPHIC TRANSITION THEORY

Assoc. Prof. Dr. Esat İPEK

*Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work
esat.ipek@aybu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-0440-9690*

Esra ÇAĞLIYAN

*Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Social Sciences, Department of Social Policy
esra.cagliyan21@aybu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-0835-7525*

ABSTRACT

In recent years, significant changes have been observed in family structures and demographic indicators in Turkey, reflecting global trends. These changes influence family life and social policy needs across social, economic, and cultural dimensions. This study aims to examine the recent transformations in family structures in Turkey within the framework of the Second Demographic Transition (SDT) theory. The SDT highlights demographic processes characterized by low fertility, delayed marriage, increasing individualization, and changes in value systems. Within this context, the study analyzes key demographic indicators in Turkey, including declining fertility rates, rising age at first marriage, increasing divorce rates, and changes in household composition. Furthermore, it explores the impact of factors on family structures. Based on a document analysis approach, the study draws on national and international literature as well as institutional data sources, primarily from the Turkish Statistical Institute, to examine the implications of these demographic changes for social policy, particularly family policy. The research systematically evaluates theoretical and empirical studies across multiple disciplines, situating Turkey's demographic transformation within the framework of the SDT. The findings indicate that demographic change in Turkey is occurring rapidly, exerting profound effects on individual preferences, family structures, social values, and social policy practices. Declining fertility, shrinking household sizes, an aging population, and changes in marriage dynamics are reshaping both individual lifestyles and societal structures. The study emphasizes the importance of family-centered social policies that respond to these transformations, highlighting that measures such as birth incentives, childcare services, and intergenerational solidarity programs should be implemented not only through economic incentives but within an integrated, comprehensive social policy approach.

Keywords: Family Policies, Family Structure, Second Demographic Transition, Social Policies, Türkiye

Jel Codes: J11, J12, J13

1. GİRİŞ

Toplumların üzerinde durduğu en önemli sosyal hususlardan de nüfus ve demografi meselesidir (Köse ve Sertkaya Doğan, 2022). Demografi; nüfusun yeryüzündeki dağılışını, bu dağılışı etkileyen faktörleri, doğum ve ölümler ile göçlerden oluşan nüfus hareketlerini, ayrıca nüfusun çeşitli özelliklerinin zaman ve mekân içindeki değişimini incelemektedir (Şahin, 2018; Doğan, 2009). Bu kapsamda cinsiyet yapısı, yaş dağılımı, kır-kent nüfus oranları, iç ve dış göçler, nüfus

artış hızı, eğitim düzeyi ile nüfusun sektörel dağılımı, demografik yapının temel unsurlarını oluşturmaktadır (Akbaş, 2016). Söz konusu nüfus yapısı ve nitelikleri, demografik dönüşüm sürecinin de temelini teşkil etmektedir (Sertkaya Doğan ve Bostan, 2019).

19. yüzyılın ikinci yarısı ve 20. yüzyılın sonları arasındaki yer alan yaklaşık bir buçuk asırlık dönem, dünya genelinde önemli demografik dönüşümlerin başlangıcını oluşturmuş olan bir dönem olmuştur (Yüceşahin, 2011). Günümüzde dünya genelinde olduğu gibi, Türkiye’de de demografik dönüşümler, nüfus göstergelerindeki değişimlerin ötesine geçerek aile kurumunun işleyişi ile biçimsel yapısını dönüştürmekte ve sosyal politika alanında belirgin kırılmalara yol açmaktadır (Yolcu, 2025).

Demografik dönüşümler, bir toplumun nüfus yapısında meydana gelen değişimlerin ötesinde; aile yapısını, toplumsal değerleri, ekonomik ilişkileri ve sosyal refah anlayışını doğrudan etkileyen kapsamlı bir süreçtir. Türkiye’de aile, nüfus ve demografik dönüşüm süreci, dünyadaki diğer ülkelerde olduğu gibi karmaşık bir yapı arz etmekte ve çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Demografik dönüşüm, aile yapısını ve toplumsal ilişkileri doğrudan etkilemektedir. Bugün Türkiye, dünyadaki eğilimlere paralel olarak her geçen gün aile, nüfus ve demografik dönüşümler ve bu dönüşümlerin beraberinde getirdiği önemli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu alanlarla doğrudan ya da dolaylı bağlantısı bulunan tüm alanlardaki gelişmeler hem gündelik yaşamı hem aile ve toplumsal yaşantıyı hem de ülkenin kalkınma sürecini giderek daha fazla etkilemektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024).

Türkiye’de aile yapısı demografik dönüşümlere paralel olarak belirgin bir dönüşüm içindedir. Geleneksel aile tiplerinden çekirdek aileye, hatta tek kişilik haneler ve tek ebeveynli aileler gibi formlara doğru bir kayış yaşanmaktadır. Aileler küçülürken, aile içi sorunlar daha görünür hâle gelmektedir. Boşanmalar özellikle evliliğin ilk yıllarında yoğunlaşmakta; bu durum, bazı evlilik kararlarının yeterince sağlıklı bir zeminde verilmediğine işaret etmektedir. Aile kurmanın ilk adımı olan evlenmeler ise giderek daha ileri yaşlarda gerçekleşmektedir. Yaşlı nüfus artış göstermekte, doğurganlık azalmaktadır; hane ve aile yapıları değişmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024). Bu nedenle, nüfusa ilgili hususları ele alarak aile içi yaşamın ve ilişkilerin daha sağlıklı ve güvenilir bir nitelik kazanmasını destekleyecek, aileyi güçlendirmeye yönelik politika ve uygulamalara duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024). Dolayısıyla Türkiye’nin aile yapısını etkileyen bu dönüşüm süreci, ülkenin sosyal politikalarının ve uygulamaların gözden geçirilmesi, analiz edilmesi, güncellenmesi ve iyileştirilmesini gerekli kılmaktadır (Coşan ve Baş, 2026).

Bu çalışma Türkiye’de yaşanan demografik dönüşümü çok boyutlu bir çerçevede ele alarak, sürecin yalnızca sayısal değişimlerle sınırlı kalmadığını; toplumsal yapı ve ilişkiler üzerinde derin etkiler yarattığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda ilk olarak, doğurganlık oranlarındaki düşüş incelenmekte ve değerlendirilmektedir. Ardından, ilk evlilik yaşının yükselmesi ele alınarak, bireylerin tercihleri doğrultusunda değişen evlilik eğilimlerinin toplumsal yapıya etkileri tartışılmaktadır. Bölümün bir diğer odak noktası, boşanma oranlarındaki artıştır. Bu kapsamda, boşanma bağlamında ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmektedir. Ayrıca, hanehalkı ve aile yapısındaki değişimler detaylandırılarak, çekirdek aile modelinin yaygınlaşması, tek kişilik hanelerin artışı ve kuşaklar arası birlikte yaşam pratiklerinin dönüşümü gibi eğilimler ele alınmaktadır. Bu dört temel boyutun analizinin ardından, söz konusu demografik dönüşümlerin aile politikaları ve sosyal refah sistemi üzerindeki yansımaları bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir.

Çalışmanın veri temeli, Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) güncel istatistikleri, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı’nın yayımladığı raporlar ve Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe

Başkanlığı'nın ilgili komisyon belgeleri üzerine kuruludur. Bunun yanı sıra, ulusal ve uluslararası akademik literatürden yararlanılarak konu kuramsal ve karşılaştırmalı bir perspektifle ele alınmakta; böylece Türkiye'deki demografik dönüşümün küresel eğilimlerle ilişkisi de analiz edilmektedir.

Çalışma, doğurganlık, evlilik, boşanma ve hanehalkı yapısı gibi çoğu zaman ayrı ayrı incelenen dinamikleri bir arada değerlendirerek, güncel verilerle desteklenen kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Bu çerçevede, demografik değişimin toplumsal yapı üzerindeki bütünsel etkilerini ortaya koymayı ve literatür ile politika yapımı arasında köprü kurarak mevcut bilgi birikimine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. DEMOGRAFİK DÖNÜŞÜM KAVRAMI VE İKİNCİ DEMOGRAFİK DÖNÜŞÜM TEORİSİNİN TEMEL DİNAMİKLERİ

Demografik dönüşüm sadece istatistiksel bir değişim değil, her toplumun gelişim sürecinde er ya da geç deneyimleyeceği evrensel bir yasadır. Demografik dönüşüm, toplumsal yapıların geleneksel tarım toplumundan modern sanayi toplumuna evrilmesi sürecinde nüfus dinamiklerinde meydana gelen köklü niteliksel ve niceliksel değişimleri kapsayan bir yapıdır (Gürsoy Çuhadar ve Lordoğlu, 2016).

Demografik dönüşümler çoğunlukla sosyoekonomik gelişme ve modernleşmeyle bağlantılı olarak ekonomik koşulların, eğitim koşullarının, sağlık koşullarının iyileşmesi ve yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte gelişme gösteren toplumların nüfus büyüklüğü, doğum, evlenme, boşanma ve yaş gibi demografik faktörlerinde kendini göstermekte, Nüfus kompozisyonunun değişmesini beraberinde getirmektedir (Reher ve Sanz-Gimeno, 2007; Köse ve Sertkaya Doğan, 2022).

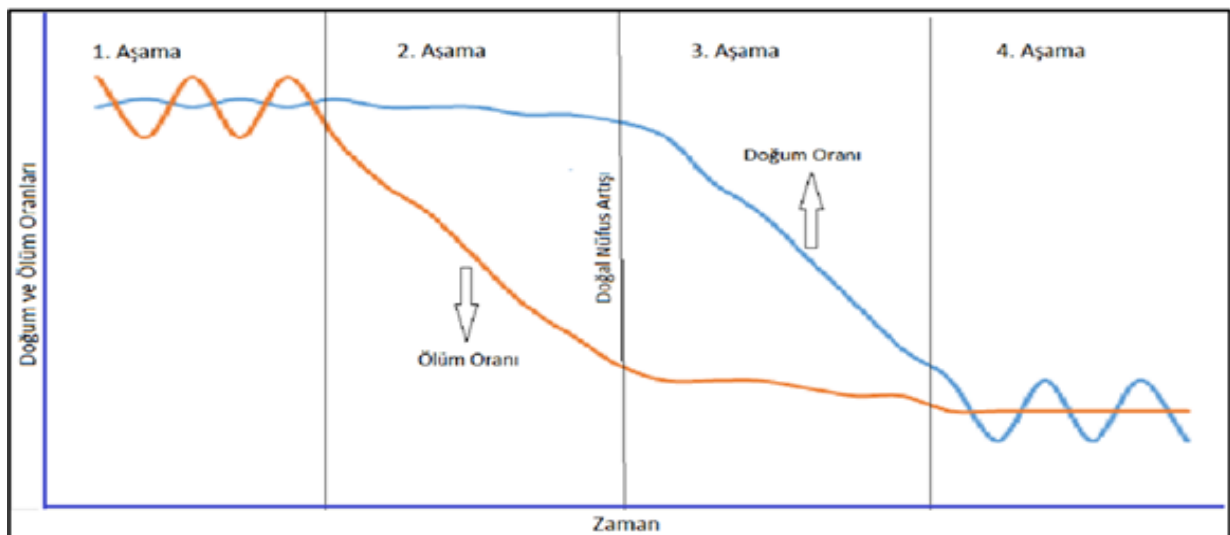
Özellikle sosyoekonomik gelişmelere, değişmelere paralel olarak geçen yüzyıl boyunca dünya çapında ülkelerin nüfusunda ve nüfusun alt kırılımlarını oluşturan demografik yapılarında büyük dönüşümler yaşanmıştır. Bu da toplumları, ülkeleri değiştirip dönüştürmüştür. Demografik dönüşüm olarak anılan bu süreç; genel bir bağlamda sanayileşme, modernleşme ve ekonomik gelişmeler ile birlikte doğum ve ölüm hızları arasında ters yönlü bir ilişki olduğu kabulü üzerinde temellendirilmektedir. Demografik süreçlerin tarihsel seyri incelendiğinde, toplumların nüfus yapılarında meydana gelen köklü değişimleri anlamak ve açıklamak amacıyla geliştirilen kuramsal çerçevelerin başında Demografik Dönüşüm Kuramı gelmektedir. Zamanla küresel bir model haline gelen bu kuram, bir toplumda nüfus dinamiklerini anlamaya, anlamlandırmaya olanak sağlayan önemli teorilerden biri olarak yaygın bir biçimde kabul görmüştür (Gökburun, 2020).

Demografik Dönüşüm Kuramı, nüfus biliminin en temel teorik çerçevelerinden biridir. Kuram, ilk kez 1929 yılında nüfusbilimci Warren Thompson tarafından dile getirilmiş; daha sonra Frank Notestein (1953) ve Kingsley Davis (1945, 1963) gibi araştırmacıların çalışmalarıyla sistematik bir kuram haline getirilmiştir (Caldwell, 2006). Bu kurama göre, toplumlar tarihsel süreç içinde, doğurganlık (doğum) ve ölümlülük (ölüm) oranlarının yüksek olduğu bir aşamadan, bu oranların düşük olduğu bir aşamaya geçiş yapmaktadır. Söz konusu dönüşüm genellikle sanayileşme, kentleşme, eğitim düzeyinin artması, sağlık koşullarının iyileşmesi ve aile yapısındaki değişimlerle yakından ilişkilidir. Kuram, nüfus artış hızlarının zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak ve ülkeler arasındaki demografik farklılıkları açıklamak için geliştirilmiştir. Günümüzde de gelişmekte olan ülkelerin nüfus dinamiklerini yorumlamada temel bir referans noktası olmayı sürdürmektedir (Köse ve Sertkaya Doğan, 2022).

Demografik Dönüşüm Kuramı'na göre, tüm toplumlar başlangıçta doğurganlık ve ölümlülük oranlarının yüksek olduğu bir evreden, her iki oranın da düşük olduğu bir evreye doğru bir

geçiş süreci yaşamaktadır. Söz konusu geçiş üzerinde çok sayıda faktör belirleyici rol oynamaktadır (Gökburun, 2020). Bu kuramsal çerçeveye göre, insanlık tarihi boyunca toplumlar temel olarak yaşam süresinin kısıtlı, doğurganlık ve ölümlülük oranlarının yüksek olduğu bir dengeden, yaşam süresinin uzadığı ve nüfusun yaşlanma eğilimi gösterdiği düşük oranlı yeni bir dengeye doğru kaçınılmaz bir geçiş içerisinde (Lee, 2003). Söz konusu dönüşüm süreci, genel kabul gören üç temel evre üzerinden analiz edilmektedir (Teitelbaum,1987, Kinsella ve He, 2009; Gürsoy Çuhadar ve Lordoğlu, 2016):

- **Birinci Evre (Sanayi Öncesi Dönem-Yüksek Durağan Dönem):** Bu aşamada toplumlar, teknolojik ve tıbbi yetersizlikler nedeniyle yüksek ölüm oranlarıyla karşı karşıyadır. Bu durumu dengelemek adına doğum oranları da yüksek seyretmektedir. Dolayısıyla, nüfusun yaş yapısı oldukça genç olmasına rağmen, yüksek ölümlülük hızı sebebiyle toplam nüfus artışı durağan veya minimal bir düzeyde kalmaktadır.
- **İkinci Evre (Geçiş Dönemi-Erken Genişleme Dönemi):** Sanayi Devrimi ile birlikte beslenme koşullarının iyileşmesi, sanitasyon sistemlerinin gelişmesi ve tıp bilimindeki ilerlemeler, mortalite hızlarında keskin bir düşüşü beraberinde getirmiştir. Ancak toplumsal normlar ve kültürel alışkanlıklar nedeniyle fertilitite hızlarındaki düşüş bu süreci geriden takip etmektedir. Ölüm ve doğum oranları arasındaki bu zamansal uyumsuzluk, “nüfus patlaması” olarak adlandırılan hızlı bir demografik genişlemeye yol açmaktadır.
- **Üçüncü Evre (Modern Dönem-Geç Genişleme Dönemi):** Dönüşümün tamamlandığı bu son aşamada, doğum oranları da ölüm oranları gibi düşük seviyelere gerilemektedir. Aile yapısının değişmesi, kadının iş gücüne katılımı ve doğum kontrol yöntemlerine erişimin artması gibi faktörler nüfus artış hızını yeniden minimize etmektedir. Bu evrenin karakteristik özelliği, uzun yaşam beklentisi ile birlikte nüfusun demografik olarak yaşlanmasıdır.
- **Dördüncü Evre (Yaşlanan Nüfus Dönemi-Düşük Durağan Dönem):** Hem doğurganlık hem de ölümlülük oranları düşük düzeylerde seyretmekte, toplam doğurganlık hızının yenilenme düzeyinin altına gerilemesiyle birlikte nüfus artışı durma noktasına gelmekte veya negatif büyüme eğilimi ortaya çıkmaktadır. Bu evrede nüfusun yaşlanması belirginleşmekte, yaşlı bağımlılık oranı artmakta ve demografik yapı ileri yaş grupları lehine dönüşmektedir.

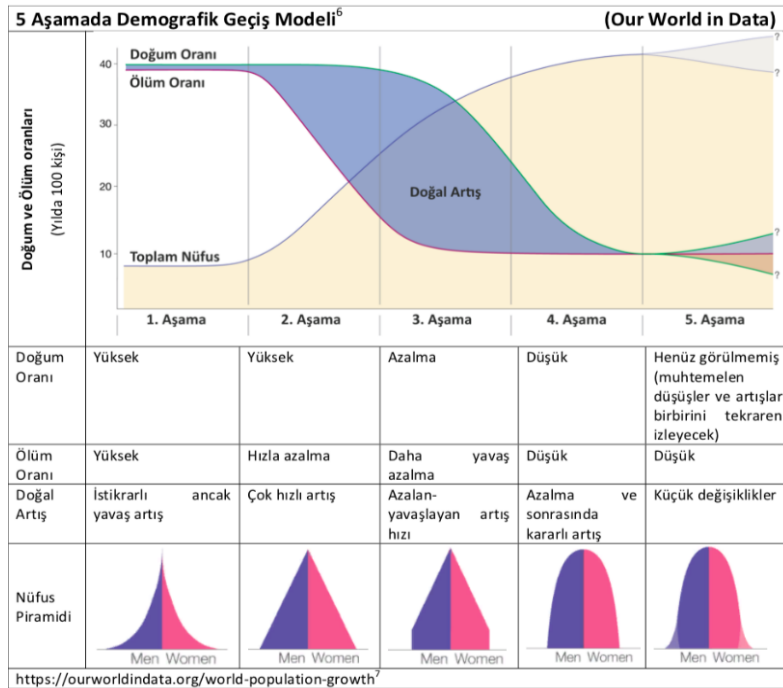


Şekil 1. Demografik Dönüşüm Modeli'ne Göre Dönüşümün Evreleri

Kaynak: Arise (2020) kaynağından uyarlayan Köse ve Sertkaya Doğan (2022)

Şekil 1’de görülen zaman ve doğum-ölüm oranları ekseninde yer alan birinci aşama, insanlık tarihinin büyük bölümünde görülen ve Sanayi Devrimi öncesi tarım toplumlarını kapsayan dönemdir. Bu evrede doğurganlık ve ölümlülük hızları oldukça yüksektir; bu nedenle nüfus artış hızı çok düşük düzeyde seyretmektedir. Kırsal yaşamın egemen olduğu, eğitim ve sağlık hizmetlerinin yetersiz kaldığı ülkelerdeki nüfus yapısı bu ilk evrenin özelliklerini taşımaktadır. İkinci aşama, sanayileşmeye başlayan toplumlarda, özellikle Avrupa ülkelerinde yaşanmıştır. Teknolojik ilerlemeler ve sağlık hizmetlerindeki gelişmelerle birlikte ölüm hızları belirgin şekilde düşmeye başlarken, doğum hızları görece yüksek kalmaya devam etmektedir. Ekonomik yapının tarımdan sanayiye doğru dönüştüğü bu süreçte, ölümlülükteki hızlı düşüş nüfus artış hızının yükselmesine yol açmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin nüfus özellikleri genel olarak bu ikinci evreyi yansıtmaktadır. Üçüncü aşama, sanayileşmenin büyük ölçüde tamamlandığı ve ekonomik kalkınmanın sağlandığı toplumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu evrede doğum hızları da düşmeye başlar, böylece hızlı nüfus artışı yerini daha ılımlı bir artışa bırakmaktadır. Doğurganlıktaki bu düşüş, doğum kontrol yöntemlerinin yaygınlaşması ve kadınların üreme kararlarında söz sahibi olma yetkilerinin artması gibi toplumsal ve kültürel değişimlerle yakından ilişkilidir. Dördüncü ve son aşama ise doğum hızlarının da düşük düzeye inmesiyle birlikte, doğum ve ölüm hızları arasında yeni ve düşük seviyeli bir dengenin kurulduğu dönemi ifade etmektedir. Bu aşamada nüfus artış hızı durağanlaşmakta, hatta bazı toplumlarda nüfus azalması görülebilmektedir. Kuzey Amerika ülkeleri, Batı Avrupa ülkeleri ve Japonya’nın nüfus yapısı bu son evrenin tipik örneklerini oluşturmaktadır (Köse ve Sertkaya Doğan, 2022).

Dördüncü evreden sonrasıyla bugün henüz teorik bir öngörü niteliindedir. Nüfusun durağanlaşması, artması ya da azalmasına ilişkin muhtelif modeller ve teoriler ortaya atılmakta ve tartışılmaktadır. Genel olarak bu tartışılarda beşinci evrede doğum oranlarının daha da düşmesi halinde bir nüfus çöküşü yaşanabileceğine işaret edilmektedir (Gündüz vd., 2005; Canning, 2011; Frejka, 2016; Roser, 2019; Aysan, 2022; Keskin ve Koç, 2023; Kocaman, 2025).



Şekil 2. Beşinci Evreye İlişkin Tahminleri İçeren Beş Evreli Model

Kaynak: Our World in Data kaynağından uyarlayan Kocaman (2025)

Demografik Dönüşüm Kuramının öngördüğü değişim süreçleri, tüm toplumlar açısından belli bir benzerlik göstermekle birlikte, dönüşümün başladığı zaman ve bu dönüşümü tetikleyen etkenler bakımından ülkeler ya da bölgeler arasında tam bir mekânsal birliktelik ya da homojenlik bulunmamaktadır. Zira her ülke veya bölge, kendi toplumunun tarihsel, sosyal ve ekonomik dönüşüm süreçlerinin etkisiyle demografik geçişi kendine özgü bir biçimde deneyimlemektedir (Lesthaeghe, 1983; Coale ve Watkins, 1986; Watkins, 1987; Caldwell, 2006; Yüceşahin, 2011). Türkiye’de ölüm ve doğum oranlarının düştüğü, dengeli nüfus artışının olduğu üçüncü aşama yaşanmaktadır (Sertkaya Doğan ve Bostan, 2019).

Ancak belirtmek gerekmektedir ki, Demografik Dönüşüm Kuramı modernleşme, sanayileşme ve kentleşme süreçlerini, doğal bir evrimsel çizgi izleyerek düşük doğurganlık ve yüksek yaşam beklentisiyle sonuçlanan bir yol haritası olarak sunmakla beraber (Aysan, 2022) pandemiler, savaşlar, kitlesel göç hareketleri, ekolojik krizler gibi küresel şoklar; ayrıca ülkelerin jeopolitik konumları veya refah devleti yapıları gibi bağlamsal unsurlar bu teorik çerçevede yeterli ölçüde yer bulamamaktadır. Bu durum, klasik demografik geçiş teorisini, demografik dönüşümleri açıklamada tarihsel ve bağlamsal duyarlılığı sınırlı, evrensellik iddiası ise tartışmalı bir yaklaşım haline getirmektedir (Kocaman, 2025). Bu noktada İkinci Demografik Geçiş (Dönüşüm) Kuramı devreye girmektedir.

İkinci Demografik Dönüşüm Kuramı, Demografik Dönüşüm Kuramının açıklamakta yetersiz kaldığı yeni nüfus dinamiklerine odaklanan, demografik değişim literatüründe 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren özellikle Avrupa toplumlarında gözlenen doğurganlık, evlilik ve aile biçimlerindeki köklü dönüşümleri açıklamak üzere geliştirilmiş olan güçlü bir kuramsal çerçevedir. Yalnızca niceliksel demografik değişimleri değil, aynı zamanda değerler, normlar ve bireysel tercihlerdeki dönüşümü de merkeze alan, aile kurumunun anlamının ve bireylerin yaşam stratejilerinin yeniden tanımlanmasını içeren çok boyutlu bir kuram olarak öne çıkmaktadır.

Demografik değişimlerin anlaşılmasına yönelik en etkili kuramsal çerçevelerden biri olan bu kuram, düşük doğurganlık düzeyleri, geleneksel aile yapısındaki çözülme, evliliklerin ertelenmesi, boşanmaların artışı gibi olguları, bireyselleşmenin normatif hâle gelmesiyle açıklamaktadır. İkinci demografik dönüşüm perspektifine göre, modern toplumlarda bireylerin yaşam tercihleri, geleneksel normların belirlediği ailevi yükümlülüklerden ziyade kişisel özgürlük, kendini gerçekleştirme ve yaşam tarzı çeşitliliği ekseninde şekillenmektedir. İlk demografik geçişte doğurganlığın azalması daha çok çocuk bakım maliyetleri ve gelecek kaygıları gibi ailevi ve ekonomik etkenlerle ilişkilendirilirken; ikinci geçişte bu düşüş, evlilikten ve ebeveynlikten gönüllü olarak uzak durma eğilimiyle bağlantılıdır (Van de Kaa, 1987; Zaidi ve Morgan, 2017). Bu süreçte değer sistemlerinde yaşanan kültürel dönüşüm, yalnızca demografik davranışları değil, aynı zamanda aile ve toplumsal cinsiyet rollerine ilişkin beklentileri de dönüştürmekte; çok düşük doğurganlık düzeyi ve evlilik dışı birliktelikler gibi yeni aile örüntülerinin yaygınlaşmasına zemin hazırlamaktadır. Bilinçli bir şekilde çocuk sahibi olmaktan kaçınma ya da ebeveynliği erteleme olarak tanımlanan “sosyal kısırlık” (Beyaz, 2025) olgusu da bu dönüşüm bağlamında anlam kazanmakta ve ikinci demografik geçişin toplumsal yansımalarından biri olarak değerlendirilmektedir (Kocaman, 2025).

Inglehart’ın (2020) ortaya koyduğu gibi, bireyler artık ekonomik güvenlikten ziyade kendini gerçekleştirme, bireysel özgürlük ve yaşam kalitesi gibi unsurlara daha fazla öncelik vermektedir. Bu değer dönüşümü, doğurganlık davranışlarını doğrudan etkileyerek çocuk sahibi olmanın ertelenmesine, çocuk sayısının azalmasına ve hatta gönüllü çocuksuzluğun yaygınlaşmasına yol açmaktadır. Lesthaeghe (2010), bu süreci “bireysel otonominin yükselişi” olarak tanımlarken, aile yapılarının giderek daha esnek ve çeşitlenmiş hale geldiğini vurgulamaktadır.

Kuramın önem kazandığı durumlar özellikle düşük doğurganlık, yaşlanan nüfus ve aile yapısındaki çeşitlenmenin belirginleştiği toplumlardır. Çünkü bu demografik değişimler, yalnızca nüfus yapısını değil; işgücü piyasalarını, sosyal güvenlik sistemlerini ve refah devletinin sürdürülebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Örneğin OECD raporları, düşük doğurganlık ve artan yaşam süresi nedeniyle birçok gelişmiş ülkede yaşlı bağımlılık oranının hızla arttığını ortaya koymaktadır (OECD, 2026).

Bu anlamda kuramın en belirgin olduğu coğrafya Batı ve Kuzey Avrupa'dır. Örneğin Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat) verilerine göre Avrupa Birliği'nde toplam doğurganlık hızı 1960'larda yaklaşık 2.6 seviyesindeyken, 2022 itibarıyla 1.46'ya kadar düşmüştür (Eurostat, 2023). Aynı dönemde evlilik dışı doğum oranları dramatik biçimde artmış, bazı İskandinav ülkelerinde bu oran %50'nin üzerine çıkmıştır. Bu göstergeler, bu kuramın öngördüğü davranış kalıplarının ampirik karşılıklarını açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bu dönüşüm yalnızca Batı Avrupa ile sınırlı kalmamış; Güney Avrupa, Doğu Avrupa ve giderek gelişmekte olan ülkelerde de farklı hız ve biçimlerde gözlemlenmeye başlanmıştır (Sobotka, 2008).

Türkiye gibi ülkeler ise bu kuram bağlamında "gecikmeli ve seçici geçiş" örnekleri olarak değerlendirilmektedir. Örneğin Türkiye'de toplam doğurganlık hızı 2001'de 2.38 iken 2023 itibarıyla 1.51, 2024'te 1.45, 2025'te ise 1.44 seviyesine gerilemiştir (TÜİK, 2025). Ancak Avrupa'daki örneklerin aksine, evlilik dışı birlikte yaşam ve doğum oranları hâlâ oldukça düşüktür. Bu durum, kültürel normların ve aile yapısının dönüşüm üzerindeki belirleyici rolünü göstermektedir (Aysan, 2016).

İkinci Demografik Dönüşüm'ün sonuçları çok katmanlıdır. Öncelikle nüfusun yaşlanması en belirgin sonuçlardan biridir. Doğurganlığın düşmesi ve yaşam süresinin uzaması, yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki payını artırmaktadır. Birleşmiş Milletler verilerine göre 2050 yılında dünya nüfusunun %16'sının 65 yaş ve üzeri olması beklenmektedir (United Nations, 2024). Bunun yanı sıra aile yapılarında çeşitlenme, tek kişilik hanelerin artışı, evliliklerin ertelenmesi ve boşanma oranlarının yükselmesi gibi sosyal sonuçlar da dikkat çekicidir. Bu değişimler, konut politikalarından eğitim sistemine kadar birçok alanda yeni düzenlemeleri gerektirmektedir (Bölükbaşı, 2024).

3. TÜRKİYE'DE DEMOGRAFİK GÖSTERGELERDE DÖNÜŞÜM

İkinci Demografik Dönüşüm Kuramının öngördüğü demografik ve toplumsal sonuçlar hem birey düzeyinde hem de toplum düzeyinde derin ve kalıcı etkiler yaratmaktadır. Diğer yandan nüfustaki değişim ve dönüşümler, mevcut nüfus yapısı, doğal nüfus hareketleri (doğumlar ve ölümler) ve bölgesel nüfus hareketleri (iç ve dış göç) gibi çeşitli faktörlerin etkileşiminin bir sonucudur (Silkin Ün, 2026). Bu bakımdan nüfus artış hızı, evlenme ve boşanma oranları, ortalama evlenme yaşı ve doğurganlık düzeyi gibi demografik göstergeler, birbirlerini karşılıklı olarak etkileyen ve bir bütünlük içinde değişim gösteren ve etkileyen ilişkisel bir yapıya sahiptir. Bu faktörlerden birinde meydana gelen değişim, diğerlerinde de zincirleme etkilere yol açmakta; böylece nüfusun yapısı, demografik özellikler ve ilişkili dinamikler bütüncül bir süreç içinde şekillenmektedir (Gökburun, 2020). Bunlar aşağıdaki başlıklarda ele alınmıştır.

3.1. Doğurganlık Oranlarının Düşüşü

Bir toplumun sürdürülebilirliğini belirleyen en temel demografik göstergelerden biri olan toplam doğurganlık hızı olarak kabul edilmektedir. Toplam doğurganlık hızı, bir kadının doğurgan olduğu dönem (genellikle 15-49 yaş aralığı) boyunca, belirli bir dönemdeki yaşa özel doğurganlık oranlarının sabit olduğu varsayımıyla sahip olabileceği ortalama çocuk sayısını ifade etmektedir (Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, 2019; Köse ve Sertkaya Doğan, 2022). Nüfusun uzun vadede kendini sürdürebilmesi için toplam doğurganlık oranının

yaklaşık 2,1 seviyesinde ya da bunun üzerinde olması gerekmektedir. Demografik literatürde bu eşik değer, “ikame düzeyi doğurganlık” olarak tanımlanmaktadır (Notestein, 1945; Kirk, 1996).

Birinci Demografik Dönüşüm, ileri yaşlardaki doğumların azalması yoluyla evlilik içi doğurganlığın düşmesi ve ilk çocuk doğurma yaşlarının gerilemesiyle karakterize edilirken, İkinci Demografik Dönüşüm doğurganlığın ertelenmesi, ebeveynlik yaşlarının yükselmesi ve yapısal olarak yenileme düzeyinin altında doğurganlıkla açıklanmaktadır (Lesthaeghe, 2014). İkinci Demografik Dönüşüm Kuramına göre dönüşümlerin en belirgin demografik sonucu, toplam doğurganlık hızının replasman seviyesi olan 2,1’in altında kalıcı olarak seyretmesidir. Doğurganlık oranının ikame düzeyinin kalıcı biçimde altına düşmesi, orta ve uzun vadede nüfusun yaşlanmasına, çalışma çağındaki nüfusun daralmasına ve sosyal güvenlik sistemleri üzerindeki yükün artmasına yol açmaktadır (Lesthaeghe, 2010).

Doğurganlık oranlarına ilişkin 2024 yılı verileri, bu trendin Avrupa’da ve diğer gelişmiş toplumlarda ne kadar derinleştiğini göstermektedir: Avrupa Birliği’nde toplam doğurganlık hızı 1,34’e gerileyerek 2001’den bu yana en düşük seviyeye ulaşmıştır. Malta (1,01), İspanya (1,10), Litvanya (1,11), Polonya (1,14) ve İtalya (1,18), en düşük doğurganlık oranlarına sahip AB ülkeleri arasındadır. Fransa (1,61) ve Bulgaristan (1,72) gibi ülkeler nispeten daha yüksek oranlara sahip olsa da hiçbiri replasman seviyesine ulaşamamıştır (OKE, 2024; Dell’Omodarme, 2026).

Küresel ölçekte 2025 yılına ait ülke bazında doğurganlık oranları, toplam doğurganlık oranı 4’ün üzerinde olan 26 ülke olduğunu ve bunların çoğunun Afrika’da bulunduğunu göstermektedir. Hindistan 1,98 düzeyindedir. Güney Kore, 0,72 düzeyindeki doğurganlık hızı ile dünyanın en düşük doğurganlık oranına sahip ülkesi konumundadır. Tayvan (1,10-1,11), gibi ülkeler de benzer şekilde kritik düzeyde düşük doğurganlık yaşamaktadır (Paterson, 2025).

TÜİK tarafından Türkiye’de bilhassa son on yıllık süreç içerisinde doğurganlık hızındaki keskin ve devamlılık arz eden bir azalmayla beraber nüfusun kendi kendini yenileyebilme kabiliyetini hızla kaybettiği vurgulanmaktadır (TÜİK, 2025). Güncel TÜİK istatistiklerine göre Türkiye’de toplam doğurganlık hızının yıllara göre seyri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de Toplam Doğurganlık Hızının Yıllara Göre Seyri (2000-2025)

Yıl	Toplam doğurganlık hız	Yıl	Toplam doğurganlık hız
2000	2,53	2013	2,11
2001	2,38	2014	2,19
2002	2,17	2015	2,16
2003	2,09	2016	2,11
2004	2,11	2017	2,08
2005	2,12	2018	2,00
2006	2,12	2019	1,89
2007	2,16	2020	1,77
2008	2,15	2021	1,71
2009	2,10	2022	1,63
2010	2,08	2023	1,51
2011	2,05	2024	1,45
2012	2,11	2025	1,44

Kaynak: TÜİK (2026a)

Tablodaki verilere dayanarak Türkiye’de toplam doğurganlık hızının 2000’li yıllardan itibaren belirgin bir düşüş gösterdiğini söylemek mümkündür. 2000 yılında 2,53 olan toplam doğurganlık hızı, 2025 yılında 1,44’e gerilemektedir. Bu düşüş, Türkiye nüfusunun uzun vadede kendini yenileyebilmesi için gerekli olan 2,1’lik ikame düzeyinin sürekli olarak altına indiğini göstermektedir.

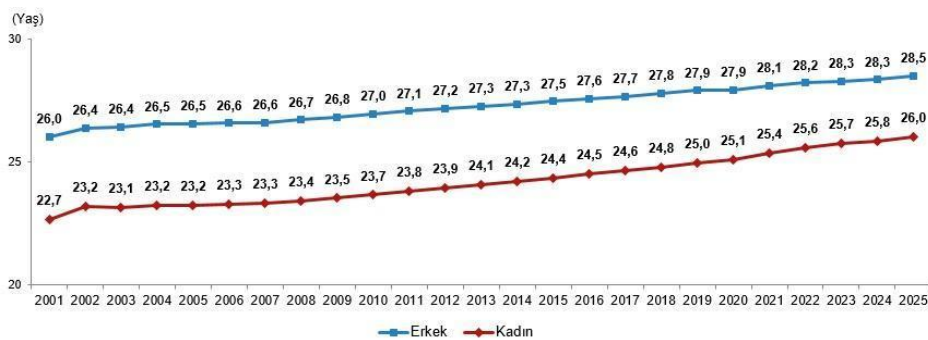
Verilerde dönemsel olarak 2012-2015 yılları arasında kısa bir artış gözlemlenmektedir; bu artış muhtemelen geçici ekonomik iyileşmeler, sosyal politikalar veya doğum teşviklerinden kaynaklanmaktadır. Ancak genel eğilim, uzun vadede nüfus artış hızının yavaşladığı, bundan kaynaklı olarak yaşlı nüfus oranının artacağı ve çekirdek ailelerin yaygınlaşacağı yönündedir.

Doğurganlık oranlarındaki azalma, yalnızca nüfus politikaları çerçevesinde açıklanabilecek bir olgu olmaktan öte, kadınların eğitim seviyesindeki yükselme, özellikle yükseköğrenim gören kadınların işgücüne katılımındaki artış, kentsel yaşamın beraberinde getirdiği bireyselleşme eğilimleri, aile içi beklentilerin değişmesi gibi durumlarla ilişkili görülmektedir. Bu tür etmenler, çocuk sahibi olma tutum ve davranışını şekillendirmektedir. Türkiye, nüfus yapısı itibarıyla hâlâ genç sayılabilecek bir görünüm sergilemekle birlikte, yaşlanma sürecinin hızı ve buna eşlik eden doğurganlık oranlarındaki düşüş, ülkenin mevcut demografik avantajlarını sürdürebilmesi açısından kritik bir eşikte bulunduğunu ortaya koymaktadır (Yolcu, 2025).

3.2. İlk Evlilik Yaşının Yükselmesi

Evlilik, yalnızca bireyler arasında duygusal ve yasal bir bağ oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda bir toplumun aile kurma biçimlerini, nüfus dinamiklerini ve sosyal örgütlenme yapısını doğrudan etkileyen kurumsal bir yapıdır. Evlilik alanında, Birinci Demografik Dönüşüm evlenenlerin oranında artış ve ilk evlenme yaşlarında düşüşle karakterize edilirken, İkinci Demografik Dönüşüm evlenenlerin oranında düşüş ve ilk evlenme yaşlarında yükselişle tanımlanmaktadır (Lesthaeghe, 2014). Bu bağlamda, ilk evlilik yaşının yükselmesi, demografik dönüşüm süreçlerinin en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Demografik literatürde bu olgu, evlilik gecikmesi veya evliliğin ertelenmesi olarak da adlandırılmakta ve özellikle eğitim düzeyinin artışı, ekonomik bağımsızlığa ulaşmanın zorlaşması ve bireyselleşme eğilimleriyle ilişkilendirilmektedir (Van de Kaa, 1987; Billari ve Liefbroer, 2010).

TÜİK güncel verilerine göre (TÜİK, 2026b; BBC, 2026), Türkiye’de yıllara göre ortalama ilk evlenme yaşı her iki cinsiyette de yükseliş içerisindedir. Ortalama ilk evlenme yaşı 2025 yılında erkeklerde 28 düzeyine çıkarken kadınlarda ise 26 olmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye’de Yıllara Göre İlk Evlenme Yaşı

Kaynak: TÜİK (2026b)

Grafikte, Türkiye’de erkekler ve kadınların ilk evlilik yaşlarının 2001-2025 döneminde istikrarlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Grafikte sunulan veriler, İkinci Demografik Dönüşümün en somut ampirik kanıtlarından biri olan evliliğin ertelenmesi olgusunu çarpıcı bir biçimde gözler önüne sermektedir. Kadınların evlenme yaşı her zaman erkeklere göre daha düşük olmakla birlikte, aradaki farkın giderek azaldığı gözlenmektedir.

Hem erkeklerde hem de kadınlarda ilk evlenme yaşının istikrarlı bir yükseliş trendine girmesi, toplumsal yapının yeniden şekillendiğinin bir göstergesidir. Elbette bu da doğurganlık ile ilişkilidir ve doğurganlık potansiyeli üzerinde doğrudan ve kısıtlayıcı bir etki yaratmaktadır. Doğurganlık penceresinin daralması, beraberinde ilk doğum yaşının da ötelenmesini

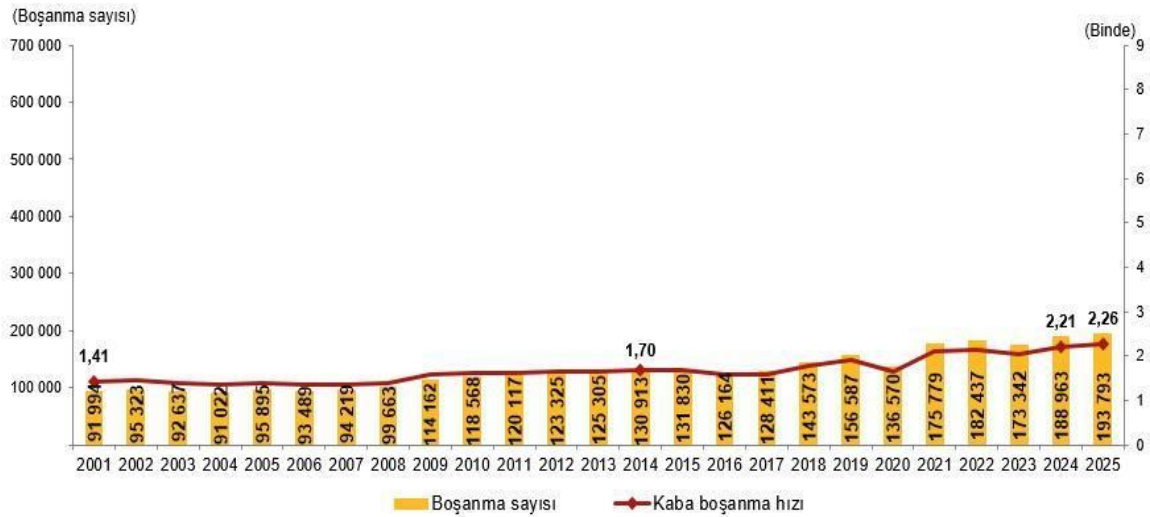
getirmekte, bu da bir kadının yaşam süresi boyunca sahip olabileceği çocuk sayısını da azaltabilecek bir husus oluşturmaktadır. Zira, ilk evlilik yaşındaki artış, bireylerin eğitim sürelerinin uzaması, ekonomik bağımsızlığa erişimdeki zorluklar ve bireyselleşme eğilimlerinin güçlenmesi gibi sosyoekonomik faktörlerle yakından ilişkilidir (Billari ve Liefbroer, 2010; Lesthaeghe, 2010).

3.3. Boşanma Oranları ve Aile İstikrarsızlığı

Aile yapısındaki bir diğer dönüşüm noktasıysa boşanma oranlarında gözlenen artıştır (Yolcu, 2025). Boşanma, aile kurumundaki istikrarsızlaşma sürecinin en somut ve ölçülebilir göstergelerinden biri olmakla birlikte, bu göstergenin değerlendirilmesi çeşitli metodolojik ve kuramsal zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yüksek boşanma oranları, bir yandan bireysel özgürlüklerin genişlemesi ve kadınların ekonomik bağımsızlıkları sayesinde tatmin edici olmayan evliliklerden ayrılabilme imkânını ifade ederken, diğer yandan çiftler arasındaki ilişki kalitesinde, toplumsal bağlarda ve çocukların aile içindeki istikrarında meydana gelen bozulmaları da yansıtabilmektedir (Beck-Gernsheim, 2002; Giddens, 2013).

Bulduğumuz yüzyılda evlenme ve boşanma oranlarındaki artış eğilimi arz eden dönüşümler, aile yapısında kayda değer farklılıkların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Güncel veriler hem dünya genelinde hem de Türkiye’de boşanma eğilimlerinin belirgin bir şekilde yükseldiğini göstermektedir (Cabılar ve Yılmaz, 2022).

Türkiye’de evlenen çiftlerin sayısı 2024 yılında yaklaşık 570 binen geçen yıl 552 binin biraz üzerine gerilemiştir. Boşanan çiftlerin sayısı 2024 yılında 189 bin civarındayken 2025 yılında 194 bine yaklaşmıştır. Veriler, kaba evlenme (bin kişi başına düşen ortalama) hızında düşüş, kaba boşanma (bin kişi başına düşen ortalama) hızında artışa işaret etmektedir. Verilere göre 2025’te kesinleşen boşanma davalarında 194 bine yakın çift yollarını ayırmıştır. Bu davalardan 191 bin 371 çocuk etkilenmiş; çocukların velayetinin %74,6’sı anneye, %25,4’ü babaya verilmiştir (BBC, 2026; TÜİK, 2026b).



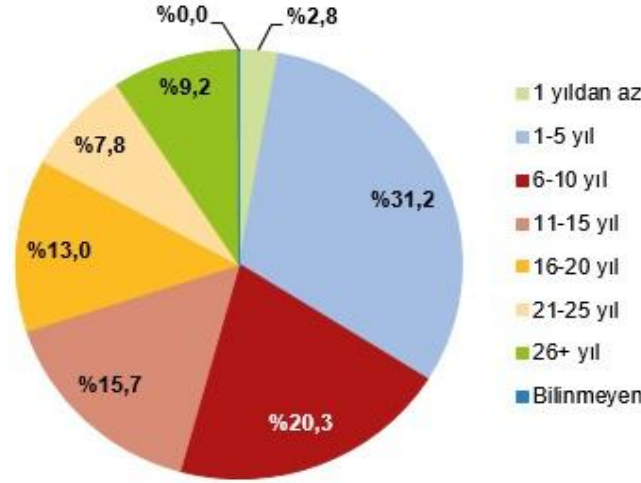
Şekil 4. Türkiye’de Boşanma Sayısı ve Kaba Boşanma Hızı (2001-2025)

Kaynak: TÜİK (2026b)

Şekil 4’te yer alan grafikte görüldüğü gibi, 2001 yılında yaklaşık 91 bin olan boşanma sayısı, 2023 yılına gelindiğinde yaklaşık 189 bine ulaşmıştır. Bu, boşanma sayısında yaklaşık iki katlık bir artış anlamına gelmektedir. Kaba boşanma hızı ise 2001’de binde 1,41 iken, 2025 yılı projeksiyonuna göre binde 2,26’ya yükselmiştir. Bu artış trendi, Türkiye’de aile kurumundaki değişimlerin ve boşanma eğilimlerinin belirgin biçimde arttığını ortaya koymaktadır.

Grafikte ayrıca, boşanma sayısında ve kaba boşanma hızında dönemsel dalgalanmalar gözlemlenmekle birlikte genel eğilim yükseliş yönündedir. 2010 sonrası dönemde özellikle boşanma sayısında ve oranında daha belirgin bir artış yaşanmıştır. Bu durum, sosyal, ekonomik ve hukuki değişimlerin yanı sıra toplumsal değerlerdeki dönüşümlerin bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Diğer taraftan, her üç evlilikten biri evliliğin ilk beş yılında, her beş evlilikten biri ise evliliğin ilk 6-10 yılı içinde sonra ermiştir. Diğer bir ifade ile boşanmaların %34'ü evliliğin ilk beş yılı içinde gerçekleşmiştir (BBC, 2026; TÜİK, 2026b).



Şekil 5. Türkiye'de Evlilik Süresine Göre Boşanmaların Oranı (2025)

Kaynak: TÜİK (2026b)

Bu dağılımlar, boşanmaların genellikle evliliklerin erken ve orta dönemlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. İlk 10 yıl içinde gerçekleşen boşanma oranının toplam boşanmaların yaklaşık yarısını oluşturması, evliliklerin başlangıç dönemlerinde yaşanan uyumsuzlukların ve zorlukların boşanma kararında belirleyici olduğunu işaret etmektedir.

Türkiye'de son yirmi yılda gözlenen boşanma sayısı ve kaba boşanma hızındaki artış, aile kurumundaki istikrarsızlaşmanın somut bir yansımasıdır. İkinci Demografik Dönüşüm ekseninde bu veriler, Türkiye'de aile yapısında geleneksel kalıplardan uzaklaşmanın ve bireyselleşme sürecinin güçlendiğinin göstergesi olarak okunabilir.

Elbette boşanma oranlarındaki yükseliş, bireysel özgürlüklerin genişlemesi ve kadınların ekonomik bağımsızlıklarının artması gibi sosyoekonomik faktörlerle ilişkilendirilebilir. Ancak aynı zamanda bu artış, evlilik kurumunda yaşanan istikrarsızlık ve çiftler arası ilişkilerdeki zorlukların da bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

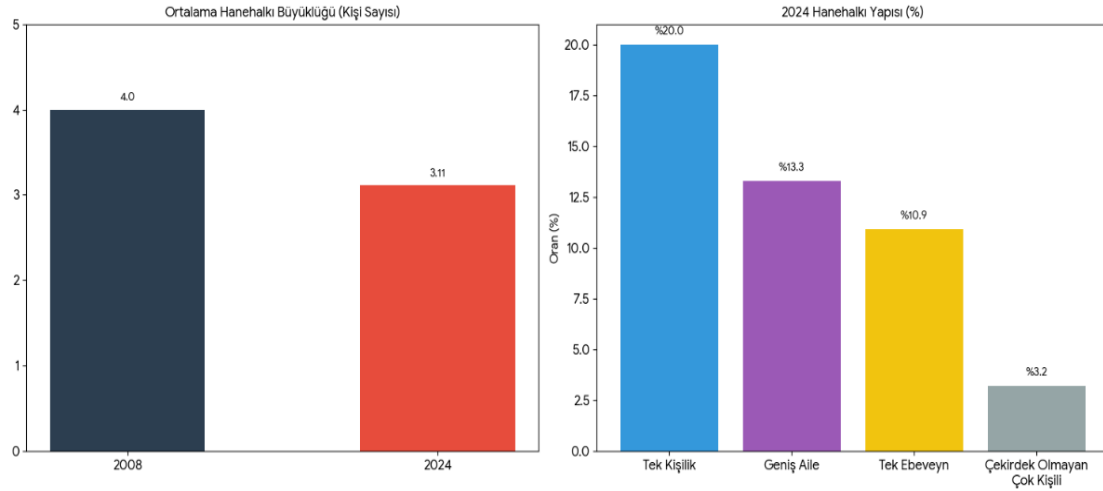
3.4. Hanehalkı ve Aile Yapısındaki Değişimler

Demografik dönüşümlerin doğal sonuçlarından biri de aile yapısının değişmesidir (Koç vd., 2010; Kocaman, 2025). Hanehalkı büyüklüğünde gözlenen azalma eğilimi, toplumsal yapıda yaşanan dönüşümün somut bir göstergesidir. Özellikle tek kişilik hanelerin sayısındaki artış, çekirdek aile yapısının küçülmesi ve yaşlı bireylerin yalnız yaşama eğilimi, nüfusun hem mekânsal hem de sosyal örgütlenmesinde önemli değişimlerin yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, yalnızca yaşam biçimlerindeki bireyselleşmenin değil; aynı zamanda ekonomik koşulların, göç süreçlerinin ve kentsel yaşam pratiklerinin de etkisini yansıtmaktadır. Bu doğrultuda aile, geleneksel kuşaklar arası dayanışma biçimlerinden uzaklaşarak daha küçük, daha parçalı ve çoğu zaman yalnızlık temelinde örgütlenen bir yapıya dönüşmektedir. Bu yapısal dönüşüm, demografik dinamikler üzerinde de doğrudan belirleyici olmaktadır. Çocuk

sahibi olma kararlarının ertelenmesi, gönüllü ya da zorunlu nedenlerle çocuk sayısının sınırlandırılması ve ebeveynliğin bireysel öncelikler çerçevesinde şekillenmesi, doğurganlık hızının seyrini etkileyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu bakımdan hanehalkı büyüklüğündeki azalma, yalnızca mekânsal bir değişim olmanın ötesinde, doğurganlık eğilimlerindeki düşüşün de önemli bir göstergesi niteliğindedir. Bu noktada Türkiye’de toplam doğurganlık hızındaki değişim, aile yapısında yaşanan dönüşümün demografik sonuçlarını kavrayabilmek açısından da ilişkili bir gösterge olarak değerlendirilmektedir (Yolcu, 2025).

Yaşam tarzı, aile ve hanehalkı yapılarında gözlemlenen dönüşüm etkisini açıkça göstermektedir. TÜİK’in 2024 yılına ait “İstatistiklerle Aile” raporu, Türkiye’de aile yapısında kayda değer değişikliklerin yaşandığını ortaya koymaktadır. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre, 2008 yılında ortalama 4 kişi olan hanehalkı büyüklüğü, azalma trendini sürdürerek 2024 yılında 3,11 kişiye inmiştir. Tek kişilik hanehalklarının oranı ise 2016’daki %14,9’dan 2024’te %20’ye kadar yükselmiştir. Çekirdek ailelerin oranında hafif bir azalma yaşanırken, geniş ailelerin oranı %13,3 seviyesine gerilemiştir. Çekirdek aile bulunmayan ve birden fazla kişiden oluşan hanehalklarının oranı %3,2’ye ulaşmıştır. Türkiye genelinde hanehalklarının %10,9’u ise tek ebeveyn ve çocuklardan oluşmaktadır; bunların %8,4’ü anne ve çocuklardan, %2,6’sı ise baba ve çocuklardan meydana gelmektedir (DW Türkçe, 2025).

Türkiye’de 2008 yılında ortalama hanehalkı büyüklüğü 4 kişi iken, 2024 yılına gelindiğinde bu sayı 3,11’e düşmesinin yanında, tek kişilik hanehalklarının oranı %20’ye ulaşırken, geleneksel geniş ailelerin oranı %13,3 seviyesine gerilemiştir. Bu gelişmeler, bireyselleşmenin artmasının yanı sıra yalnız yaşayan yaşlı nüfusun çoğaldığını göstermektedir. Yaklaşık 1,75 milyondan fazla yaşlının tek başına yaşadığı ve bu kişilerin büyük çoğunluğunu kadınların oluşturduğu bilinmektedir (Beyaz, 2026).



Şekil 6. Türkiye’de Hanehalkı Yapısının ve Aile Formlarının Değişimi

Kaynak: DW Türkçe (2025)

İkinci Demografik Dönüşüm Kuramının temel varsayımları ışığında, ortalama hanehalkı büyüklüğünün gerilemesi, sadece hane içindeki çocuk sayısının azalmasıyla değil, aynı zamanda hanehalkı oluşum süreçlerinin nitelik değiştirmesiyle de okunmalıdır. Bu düşüş, geleneksel geniş aile modelinin çözülüşünün ötesinde, çekirdek ailenin dahi "küçülerek" yeni bir form aldığına işaret etmektedir. Her beş haneden birinin tek bir bireyden oluşması, yaşam döngüsü içindeki geçişlerin (evlenme, ebeveyn olma gibi) ötelenmesinin veya tamamen reddedilmesinin bir sonucu olarak okunabilecektir.

Tüm bu veriler ışığında; Türkiye'nin demografik geleceğinde yalnız yaşayan yaşlılar ve küçülen hane ekonomileri gibi hususların çok daha fazla önem kazanacağını söylemek yanlış olmayacaktır.

4. DÖNÜŞÜMLER İŞIĞINDA TÜRKİYE'DEKİ AİLE VE SOSYAL POLİTİKALAR

Nüfus konusunda yaşanan sorunlara çözüm üretmek amacıyla yönetimler ve yöneticiler tarafından belirlenen politikalar ve uygulanan kurallar, ülkelerin nüfus politikasını ve yapısını şekillendirmektedir (Gökburun, 2020).

Türkiye'nin demografik dönüşüm süreci içerisindeki politikaları incelendiğinde, farklı dönemlerde değişen nüfus politikalarının uygulandığı görülmektedir. Bu bağlamda; 1927-1965 yılları doğurganlığı teşvik eden pronatalist politikaların yürürlükte olduğu dönem, 1965-1980 arası doğurganlığı sınırlamaya yönelik antinatalist politikalara geçiş süreci, 1980-2005 arası bu politikaların kurumsallaştığı dönem ve son olarak 2014 sonrası yeniden doğurganlığı artırmaya yönelik politikalara dönüş evresi olarak sınıflandırılmaktadır (Doğan, 2009; Doğanay, 2014; Koç vd., 2010: 48). 1927-1965 yılları arasında uygulanan pronatalist politikalar çerçevesinde, doğumların teşvik edilmesi ve özellikle salgın hastalıklarla mücadele edilerek ölüm oranlarının azaltılması hedeflenmiştir. Bu dönemin başlangıcı olarak 1927 yılının seçilmesinde, Türkiye'de gerçekleştirilen ilk nüfus sayımının esas alınması belirleyici olmuştur. Bitiş yılı olarak 1965'in kabul edilmesinde ise 1962 yılında Devlet Planlama Teşkilatı'nın kurulması ve Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı ile nüfus artış hızının düşürülmesi konusunda varılan mutabakat doğrultusunda 1965'te Nüfus Planlaması Kanunu'nun yürürlüğe girmesi etkili olmuştur. Ayrıca Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, hızlı nüfus artışının milli gelir artışını geride bırakmasının kişi başına düşen geliri artırmayı zorlaştıracığı yönündeki değerlendirme (Doğanay, 2014), bu dönemin pronatalist karakterini ortaya koymaktadır. Bu süreçte 1930 tarihli Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ile çocuk ölümlerinin azaltılması ve aşılama uygulamalarının zorunlu hale getirilmesi sağlanmış; bunun yanında Türk Ceza Kanunu'nda düşük ve kürtajın yasaklanması, 1924 tarihli 442 sayılı Köy Kanunu ile 1930 tarihli 1580 sayılı Belediye Kanunu gibi düzenlemeler de nüfus artışını destekleyici nitelikte olmuştur. 1965-1980 döneminde doğurganlığı azaltmaya yönelik çeşitli politikalar uygulanmasına rağmen nüfus artış eğilimi devam etmiştir. 1983 yılında yürürlüğe giren Nüfus Planlaması Hakkında Kanun ile önceki uygulamalar sürdürülmüş; anne ve çocuk sağlığına yönelik önlemler etkisini korumuş olmakla birlikte, nüfus artış hızını istenilen düzeyde kontrol altına almak mümkün olmamıştır. Nitekim Doğanay'ın (2014) da ifade ettiği üzere, bu durum temelde nüfusun eğitim düzeyi ile yakından ilişkilidir. 2000'li yıllarla birlikte nüfus artış hızında gözlenen yavaşlama, 2005 sonrasında yeniden doğurganlığı teşvik eden politikalara yönelimi beraberinde getirmiştir. "En az üç çocuk" söylemiyle şekillenen bu dönemde; emzirme ödeneği, geçici iş göremezlik yardımları, doğum ve süt izinleri, babalık izni, ücretsiz izin sürelerinin uzatılması ve doğum yardımı gibi uygulamalar devreye sokularak nüfus artışını destekleyici tedbirler hayata geçirilmiştir (Şahin, 2016; Sertkaya Doğan ve Bostan, 2019).

Demografik değişimin son evresi, 2000 yılından günümüze uzanan dönemi kapsamaktadır. Türkiye'de bu tarihe kadar yapılan ölçümler, doğurganlık düzeyinin kentsel yerleşimlerde kırsal alanlara kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ancak 2000'li yıllardan itibaren önemli bir değişim yaşanmış; toplam doğurganlık hızı beklenenin ötesinde bir düşüş gösterirken, kır ile kent arasındaki doğurganlık farkı da belirgin şekilde azalmaya başlamıştır (Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, 2008). Bu dönemi karakterize eden en temel özellik, doğurganlık ve ölümlülük oranlarının düşük düzeylere inmesi ve söz konusu oranlardaki aşağı yönlü eğilimin devam etmesidir. Başka bir ifadeyle, nüfus dinamikleri giderek durağan bir yapıya doğru evrilmekte, doğum ve ölüm hızları arasındaki denge düşük

seviyelerde yeniden şekillenmektedir. Türkiye'nin demografik dönüşüm süreci, bu evrenin anlaşılması açısından çarpıcı bir örnek teşkil etmektedir. Batı Avrupa ülkelerinin yaklaşık yüz yıl veya daha uzun bir zaman diliminde tamamladığı demografik geçişi, Türkiye elli ila altmış yıl gibi kısa bir süre içinde gerçekleştirmiştir. Bu hızlı dönüşüm, ülkenin toplumsal, ekonomik ve kültürel yapısında yaşanan köklü değişimlerle yakından ilişkilidir (Köse ve Sertkaya Doğan, 2022).

İstatistiksel verilere dayalı değerlendirmeler, mevcut olarak güncel dönemde Türkiye'nin demografik dönüşüm sürecinde üçüncü aşamada yer aldığını göstermektedir. Demografik dönüşüm kuramına göre dördüncü aşamaya geçiş ise, toplam doğurganlık hızının nüfusun kendini yenileme eşiği olan 2,1'in altına düşmesi ve nüfus artış hızının durma noktasına gelmesiyle gerçekleşmektedir. Türkiye'de, son yıllarda doğurganlığı artırmaya yönelik politik söylemlere rağmen, toplam doğurganlık hızının bu değer altına gerilemesi, bu geçişin ilk koşulunun sağlandığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, nüfus projeksiyonlarına göre Türkiye'nin dördüncü aşamayı tam anlamıyla tamamlaması; nüfusun yaklaşık olarak 107 milyon kişiye ulaşarak zirve yapacağı ve ardından azalma eğilimine gireceği 2069 yılında mümkün olacağı öngörülmektedir (Sertkaya Doğan ve Bostan, 2019). Bu demografik değişimler, sosyal güvenlik sistemleri, sağlık hizmetleri, istihdam politikaları, eğitim planlaması ve ekonomik büyüme stratejileri açısından yeni politika ihtiyaçlarını zorunlu kılmaktadır.

Doğurganlık oranının düşüşü ve nüfus projeksiyonlarının gösterdiği uzun vadeli baskı nedeniyle, Türkiye'de Aile ve Nüfus Politikaları Daire Başkanlığı gibi yeni kurumsal birimler oluşturulmuştur. Bu birim, doğurganlığı artırmaya yönelik politika koordinasyonuna odaklanmaktadır. Ayrıca "Nüfus Politikaları Yüksek Kurulu" gibi platformlar, kamu kurumları arasında eşgüdüm ve strateji geliştirmek amacıyla faaliyet göstererek politika önerilerini şekillendirmektedir (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2024).

2024 yılı Mayıs ayında açıklanan Ailenin Korunması ve Güçlendirilmesi Vizyon Belgesi ve Eylem Planı (2024-2028) ile küresel riskler ve demografik dönüşüm, sosyal refah, aile odaklı sosyal hizmetler, dijitalleşme, çevre ve afetler olmak üzere 5 ana tema çerçevesinde stratejik hedefler belirlenmiştir. Bu çerçevede hükümet, çocuk sayısına bağlı olarak doğum desteği ödemeleri ve aile yardımları gibi finansal teşvikleri duyurmuştur. Buna göre; yeni doğan çocuklar için farklı seviyelerde nakdi yardımlar ve çocuk beşi yaşına kadar sürecek aylık ödemeler planlanmıştır. Ayrıca yeni evlenecek çiftlere tercihli kredi ve faizsiz destekler getirilmesi gündeme alınmıştır (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2025).

Yeni kalkınma planları ve resmi strateji belgeleri, aile kurumunun toplumsal bütünlüğün merkezi olarak korunmasını ve güçlendirilmesini hedeflemektedir. Özellikle aile refahını artırma, aileye dönük sosyal yardımların genişletilmesi, aile danışmanlığı ve hizmet sunumlarının aile merkezli hale getirilmesi gibi çok boyutlu politikalar üzerinde durulmaktadır. On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) ve bu kapsamda hazırlanan "Aile, Nüfus ve Demografik Dönüşüm Özel İhtisas Komisyonu Raporu", Türkiye'nin artık "genç nüfuslu ülke" imajından "hızla yaşlanan ve demografik risklerle karşı karşıya kalan ülke" gerçeğine geçiş yaptığını tescillemektedir. Plana göre temel farkındalık, Türkiye'nin toplam doğurganlık hızının nüfusun yenilenme eşiği olan 2,10'un çok altına (2024 itibarıyla yaklaşık 1,48) gerilemiş olmasıdır. Bu durum, "demografik fırsat penceresinin" kapanmaya başladığına dair ciddi bir alarm niteliği taşımaktadır. Raporla öne çıkan temel paradigmanın Türkiye'nin artık "nüfus artışı sorunu"ndan çok "nüfusun niteliği ve sürdürülebilirliği" sorununa geçtiği yönünde olduğu, politika yaklaşımının ise klasik nüfus politikalarından ziyade "aile-merkezli, çok sektörlü ve yaşam döngüsü temelli" bir yapıya evrildiği gözlemlenebilmektedir. Raporun (1) demografik eğilimlere ilişkin farkındalıklar, (2) ortaya çıkan risk ve sorun alanları, (3) bunlara yönelik

politika yönelimleri olmak üzere üç ana ekseninde yapılandırıldığını (Tablo 2) söylemek mümkündür (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024).

Tablo 2. On İkinci Kalkınma Planında Aile, Nüfus ve Demografik Dönüşüm Konusundaki Farkındalıklar ve Politikalar

Alan	Temel Farkındalıklar / Tespitler	Politika Yönelimleri / Araçlar
Doğurganlık ve Nüfus Dinamikleri	Doğurganlık hızının düşmesi ve nüfus artış hızının yavaşlaması; nüfusun yenilenme düzeyinin altına yaklaşması	Doğurganlığı destekleyici aile politikaları; çocuk bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması; aile dostu sosyal transferler
Nüfusun Yaşlanması	Yaşlı nüfus oranında artış; yaşlı bağımlılık oranının yükselmesi; bakım ihtiyacının artması	Aktif ve sağlıklı yaşlanma politikaları; yaşlı bakım hizmetlerinin geliştirilmesi; uzun dönemli bakım sistemlerinin güçlendirilmesi
Aile Yapısındaki Dönüşüm	Hanehalkı büyüklüğünün küçülmesi; boşanma oranlarının artması; geleneksel aile bağlarının zayıflaması	Ailenin güçlendirilmesine yönelik sosyal politikalar; aile danışmanlığı ve destek hizmetlerinin yaygınlaştırılması
İşgücü ve Ekonomik Yapı	Çalışma çağındaki nüfusun yapısal değişimi; işgücü açığının artması; göçmen işgücüne yönelim	Kadın ve genç istihdamını artırıcı politikalar; esnek çalışma modelleri; iş-aile uyumunu destekleyici düzenlemeler
Göç ve Nüfus Hareketleri	Uluslararası ve iç göçün demografik yapı üzerindeki etkisi; işgücü ihtiyacının göç ile dengelenmesi	Göç yönetiminin bütüncül ele alınması; nitelikli göç politikaları; entegrasyon mekanizmalarının geliştirilmesi
Toplumsal Yapı ve Değerler	Bireyselleşme, modernleşme ve toplumsal ilişkilerde dönüşüm; kuşaklar arası bağların zayıflaması	Aileyi merkeze alan ancak toplumsal dayanışmayı da kapsayan politikalar; sosyal uyum ve toplumsal bütünleşme programları
Politika Entegrasyonu İhtiyacı	Aile ve nüfus politikalarının tek başına ele alınamayacağı; eğitim, sağlık, istihdam ve sosyal politika ile iç içe olduğu	Çok sektörlü ve bütüncül politika yaklaşımı; kurumlar arası koordinasyon artırılması
Kırsal ve Tarımsal Nüfus	Tarımda çalışan nüfusun yaşlanması; kırsalda nüfus azalması	Kırsal kalkınma politikaları; genç nüfusun kırsalda tutulmasına yönelik teşvikler

Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2024) kaynağından yazar tarafından derlenmiştir.

İlgili raporun “Hedeflere Dönük Temel Amaç ve Politikalar” başlığı bütüncül olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmanın konusunu oluşturan dönüşümler çerçevesinde aileyi ve ilişkili demografik unsurları ele alan içeriğin birkaç ana ekseninde yoğunlaştığı görülmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024):

Tablo 3. Aile, Nüfus ve Demografik Dönüşüm Başlığında Ele Alınan Amaç ve Politikalar

Amaç Alanı	Temel İçerik	Politika ve Tedbirler
Amaç 1: Ailenin Güçlendirilmesi	Aile refahını ve bütünlüğünü esas alan, kültürel uyumlu ve çözüm odaklı politika yaklaşımı	Strateji/eylem planı hazırlanması; iş-aile dengesi ve aile dostu politikalar; kuşaklar arası ilişkilerin güçlendirilmesi; politika izleme ve etki analizi; kamu-özel-sivil toplum kuruluşları (STK) iş birliği; dijitalleşmenin aileye etkilerine yönelik düzenlemeler; afet ve krizlere yönelik aile destek planları
Amaç 2: Aileye Yönelik Eğitimler	Aile eğitimlerinin standardizasyonu ve toplum genelinde yaygınlaştırılması	Kurumlar arası iş birliği ile standart müfredat; ebeveyn ve evlilik öncesi eğitimler; boşanma/ayrılık süreçlerine yönelik programlar; babalık rolünün güçlendirilmesi; yaygın eğitim faaliyetleri; STK iş birlikleri; kırsal erişimin artırılması; gençlere ilişki ve aile kurma eğitimleri

Amaç 3: Aileye Yönelik Kamu Hizmetleri	Aile odaklı sosyal hizmetlerin kapsam ve erişiminin genişletilmesi	Çocuk bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması; sosyal risklere (şiddet, bağımlılık gibi) karşı önleyici hizmetler; danışmanlık ve rehberlik hizmetlerinin güçlendirilmesi; yaşlı bakım hizmetlerine erişimin artırılması; afet bölgelerinde barınma ve ekonomik destekler
Amaç 4: Ailenin Desteklenmesi	Ailelerin sosyal, ekonomik ve psikolojik dayanıklılığının artırılması	Finansal okuryazarlığın geliştirilmesi; sosyal hizmet modellerinin çeşitlendirilmesi; personel kapasitesinin artırılması; boşanma sürecinde bütüncül danışmanlık; erken çocukluk eğitiminin yaygınlaştırılması; gönüllülük faaliyetlerinin teşviki; bakım hizmetleri konusunda bilgilendirme; yaşlanmaya karşı istihdam politikaları; bağımlılıklara karşı koruyucu tedbirler
Amaç 5: Kurumlar Arası İş Birliği ve Mevzuat	Aile politikalarında kurumsal koordinasyon ve veri altyapısının güçlendirilmesi	Aile danışmanlığına ilişkin mevzuat düzenlemeleri; gönüllülük temelli sosyal hizmetlerin geliştirilmesi; STK iş birlikleri; hizmet envanteri ve veri tabanı oluşturulması; engelli istatistiklerinin geliştirilmesi; kurumlar arası veri paylaşımı ve entegrasyonu
Amaç 6: Aile Dostu Mekânlar	Aile yaşamını destekleyen fiziksel ve kentsel çevrenin oluşturulması	Aile dostu yeşil alan ve ortak mekânların artırılması; yerel yönetime katılım mekanizmalarının güçlendirilmesi; farklı yaş gruplarına uygun kentsel düzenlemeler; yaşlılara yönelik kooperatif konut modelleri; aktif yaşlanma politikaları; dezavantajlı bölgelerde sosyal uyum çalışmaları
Amaç 14: Yenileme Seviyesi Doğurganlık	Doğurganlığın nüfusun kendini yenileme düzeyine çıkarılması	Erkeklerin de dahil edildiği pronatalist politikalar; babalık rolünün teşviki; kreş ve bakım hizmetlerine yönelik teşvikler; aile dostu iş yerlerinin desteklenmesi; çocuk yardımlarının artırılması; doğum izinlerinin uzatılması; işyerlerinde ebeveyn destekleri; bölgesel maliyetlere duyarlı teşvikler; nüfus araştırmalarının desteklenmesi

Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2024) kaynağından yazar tarafından derlenmiştir.

Türkiye'nin 2025 yılında Cumhurbaşkanlığınca Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı koordinasyonunda ilan ettiği "Aile Yılı" politika programı bu alanda atılmış en somut adımlardan biri olarak görülmektedir. Bu adım, demografik dönüşüm hususunun doğrudan politika konusu haline geldiğini göstermektedir.

Türkiye'de evlilik dinamiklerinde gözlenen dönüşümler, değişen sosyokültürel yapıyla doğrudan ilişkili olup, doğurganlıktaki azalma ile de yakından bağlantılıdır. Bu kapsamda, değişen aile ve hane yapıları, tek ebeveynli ailelerin yaygınlaşması, tek kişilik hanelerin artması, aile bağlarından yoksun konutların çoğalması, evlenme hızının düşmesi ve boşanma oranlarının yükselmesi gibi temel demografik göstergelerde önemli dönüşümler yaşandığı kabul edilmektedir (Beyaz, 2024). İşte bu noktada, 2025 Aile Yılı politikasının temelinde, doğurganlık, evlilik ve boşanma eğilimleri ile uzun vadede yaşanan nüfusun ülke ekonomisi üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkiler yaratacak bir dizi sosyo-ekonomik soruna duyulan kaygı yer almaktadır (Coşan ve Baş, 2026).

Bu politika programı, yalnızca farkındalık üretmeyi değil; doğurganlık, evlilik, aile yapısı ve sosyal riskler ekseninde somut müdahale araçları geliştirmeyi hedefleyen bütüncül bir politika seti sunmaktadır. Türkiye'de aile yapısında gözlenen dönüşümleri, geleneksel geniş aile tipinden çekirdek aileye, hatta tek kişilik haneler ve tek ebeveynli aile formlarına doğru yaşanan kayışı, çok boyutlu bir perspektifle değerlendirmektedir. Bunun yanı sıra, evlilik yaşının yükselmesi, boşanma oranlarının artması, doğurganlık hızının düşmesi ve nüfusun yaşlanma eğilimi göstermesi gibi demografik göstergeler, politika tasarımının temel belirleyicileri arasında yer almaktadır. Bu kapsamda geliştirilen politikalar öncelikle ailenin kurumsal yapısını güçlendirmeye yöneliktir. Aile içi iletişimi artırmayı ve aile bütünlüğünü korumayı hedefleyen eğitim ve danışmanlık hizmetleri yaygınlaştırılmış; Aile Eğitim

Programları ve aile danışmanlığı uygulamaları aracılığıyla bireylerin aile kurma ve sürdürme kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda boşanma süreçlerine yönelik önleyici ve destekleyici mekanizmalar geliştirilmiş, aile içi çatışmaların çözümüne yönelik rehberlik hizmetleri güçlendirilmiştir (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2025). Evliliklerin gecikmesi ve evlenme oranlarının azalması karşısında, gençlerin aile kurma süreçlerini desteklemeye yönelik ekonomik ve sosyal tedbirler de uygulamaya alınmıştır. Bu doğrultuda Aile ve Gençlik Fonu aracılığıyla evlenecek gençlere finansal destek sağlanmakta; evlilik öncesi eğitim programları ile bireylerin evliliğe hazırlık düzeylerinin artırılması hedeflenmektedir. Ayrıca evlilik maliyetlerini azaltmaya yönelik çeşitli teşvik ve destek mekanizmaları geliştirilerek evliliğin daha erişilebilir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Düşen doğurganlık oranlarına karşı ise belirgin bir pronatalist politika yönelimi söz konusudur. Bu çerçevede doğum yardımları artırılmış, çocuk sayısına bağlı olarak kademeli destek sistemleri oluşturulmuş ve çalışan ebeveynler için esnek çalışma modelleri teşvik edilmiştir. Çocuk bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve ebeveyn izinlerinin genişletilmesi gibi uygulamalarla, çocuk sahibi olmanın ekonomik ve sosyal maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2025; Şensoy Boztepe, 2025). Aile Sosyal Destek Programı (ASDEP) gibi saha temelli uygulamalar aracılığıyla dezavantajlı ailelere yönelik hizmetler yaygınlaştırılmakta; erken çocukluk, eğitim ve bakım hizmetlerine erişim artırılmaktadır. Bununla birlikte, aile yapısını tehdit eden bağımlılık, şiddet ve dijital riskler gibi sosyal sorunlara karşı koruyucu ve önleyici politikalar da geliştirilmektedir. Politikaların önemli bir boyutunu eğitim ve farkındalık faaliyetleri oluşturmaktadır. Aile içi iletişim, ebeveynlik becerileri ve çocuk gelişimi gibi alanlarda geniş kitlelere yönelik eğitim programları uygulanmakta; toplumsal düzeyde aile bilincinin güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu yönüyle söz konusu politika programı, demografik dönüşümün yalnızca sayısal bir süreç değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel boyutları olan bir olgu olduğu kabulünden hareketle, aileyi demografik sürdürülebilirliğin merkezine yerleştiren bütüncül bir yaklaşım ortaya koymaktadır (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2025).

2025 yılının Aile Yılı olarak ilan edilmesi, esasında demografik değişim sürecinde aile kurumunun güçlendirilmesine yönelik stratejik bir yaklaşımın kurumsal düzeyde karşılık bulduğunun bir göstergesini sunmaktadır. Aile politikalarının devlet gündeminde daha görünür ve öncelikli hâle gelmesine katkı sağlayan önemli bir adım olarak görülebilecektir. Bu girişim, sosyal politika, eğitim, istihdam gibi alanlarda aile odaklı bütüncül politikaların eşgüdüm içinde hayata geçirilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda planlanan sosyal destek programları, yerel hizmet modelleri ve kamuya yönelik farkındalık çalışmaları, aile kurumunun korunması ve değişen koşullara uyumunun desteklenmesi konusunda önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Elbette bu çerçevede atılacak adımların etkinliği, geleneksel aile anlayışının öncelenmesine ek olarak, bir taraftan da toplumsal çeşitliliği ve dönüşen yaşam pratiklerini dikkate alan esnek ve kapsayıcı politikalarla desteklenmesine bağlı bulunmaktadır (Yolcu, 2025).

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Demografik dönüşümler, yalnızca nüfus istatistiklerinde meydana gelen değişimleri değil; aynı zamanda bir toplumun aile yapısını, değerler sistemini, ekonomik üretim biçimini ve sosyal refah anlayışını derinden etkileyen köklü bir yeniden yapılanma sürecini ifade etmektedir. İkinci Demografik Dönüşümün ortaya çıkardığı yeni demografik gerçeklikler, geniş kapsamlı toplumsal sonuçlar doğurmaktadır. Bunların başında, nüfus yaşlanması gelmektedir. Doğurganlığın uzun vadede yenileme düzeyinin altında kalması ve yaşam beklentisindeki artışın birleşik etkisi, nüfusun yaş yapısında köklü bir dönüşüme yol açmaktadır (Castiglioni

ve Dalla-Zuanna, 2014). Aile yapısındaki değişimler de önemli toplumsal sonuçlar doğurmaktadır. Aile olma, evlilik kurumunun zayıflaması, evlilik yaşının ilerlemesi, boşanma oranlarının yükselmesi gibi hususlar hane halkı yapılarında daha fazla çeşitliliğe yol açmaktadır (Lesthaeghe, 2014).

Türkiye'nin demografik yapısı, son yirmi yıl içerisinde yalnızca nüfus büyüklüğü açısından değil; nüfusun iç kompozisyonu ve değişim hızı bakımından da dikkat çekici bir dönüşüm sürecinden geçmiştir. Doğum ve ölüm oranlarındaki gerileme, nüfusun yaş yapısının giderek yaşlanması, kent ve kır arasındaki farklılıkların belirginleşmesi ve göç hareketlerinin demografik dengeleri yeniden şekillendirmesi, bu dönüşümün temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Söz konusu demografik değişimler, aile kurumunda gözlemlenen dönüşümlerle de doğrudan ilişkilidir. Daha düşük doğurganlık düzeyleri, evlilik yaşının yükselmesi, boşanma oranlarının artması ve hanehalkı büyüklüğünün küçülmesi gibi eğilimler, Türkiye toplumunun güncel demografik yapısını ve sosyal örgütlenme biçimini tanımlayan başlıca göstergeler olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'de demografik dönüşüm süreci, aile yapısı ve sosyal politika uygulamaları kapsamlı biçimde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye'nin demografik geçişin üçüncü aşamasında yer aldığını ve önemli dönüşümler altında olduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye gibi güçlü kültürel bağlara ve geleneksel normlara sahip toplumlarda aile, yalnızca özel bir topluluk olmanın ötesinde; ekonomik dayanışmanın, sosyal güvenliğin ve kültürel sürekliliğin sağlandığı kurumsal bir zemindir (Engin, 2022). Ancak son yıllarda giderek hız kazanan demografik dönüşüm süreci, bu yapıda önemli değişim ve kırılmalara yol açmaktadır. Türkiye'de doğurganlık oranlarındaki düşüş, yaşlı nüfusun artışı, kentleşme, bireyselleşme eğilimleri ve kadınların toplumsal konumunda yaşanan dönüşüm; aile yapısının biçimini ve işlevlerini değiştirerek kamu politikaları açısından yeni ihtiyaç ve risk alanlarını gündeme getirmektedir. Söz konusu dönüşüm sürecinin Türkiye'de özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren hızlandığı, doğurganlık ve ölümlülük oranlarında belirgin azalmalar yaşandığı, nüfus artış hızının ise yavaşladığı görülmektedir (Sabancılar Eren ve Özdemir, 2024). Bu demografik değişimle birlikte yaşlı nüfusun oranı hızla yükselmiş ve Türkiye, 2023 yılı itibarıyla "yaşlı ülke" kategorisine yaklaşmıştır. Doğurganlık düzeyindeki düşüş, çekirdek ailenin yaygınlaşması ve evlenme yaşının yükselmesi gibi eğilimler, Türkiye'de geleneksel geniş aile modelinin zayıflamasına yol açmakta; yalnız yaşayan bireyler, tek ebeveynli aileler ve çocuksuz evlilikler gibi yeni aile tipolojilerini daha görünür hale getirmektedir. Bununla birlikte, yaşlı nüfustaki artış bakım yükünü başta kadınlar olmak üzere aile içinde yeniden dağıtmaktadır. Yaşanan bu dönüşümler karşısında, aileyi merkeze alan sosyal politikaların yeniden kurgulanması, yaşlanan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayacak bakım modellerinin oluşturulması ve kuşaklar arası dayanışmayı destekleyecek önlemlerin hayata geçirilmesi önem arz etmektedir (Yüksektepe, 2025; Yolcu, 2025).

Türkiye'de toplam doğurganlık hızının nüfusun yenilenme eşiği olan 2,1'in altında (2024 itibarıyla yaklaşık 1,48) seyrettiğini göstermektedir. Ortalama hanehalkı büyüklüğü 2008 yılında 4 kişi iken 2024'te 3,11'e gerilemiş, tek kişilik hane oranı yüzde 20'ye yükselmiş, geniş ailelerin oranı ise yüzde 13,3'e düşmüştür. Tek ebeveynli ailelerin oranı yüzde 10,9 olup, bunların yüzde 8,4'ünü anne-çocuk, yüzde 2,6'sını ise baba-çocuk haneleri oluşturmaktadır. Bu veriler, bireyselleşmenin arttığını, yaşlı nüfusun yalnız yaşama eğiliminin yükseldiğini ve geleneksel geniş aile yapısının giderek azaldığını göstermektedir.

Evlilik dinamikleri açısından, ilk evlilik yaşı yükselmiş, evlenme oranları düşmüş ve boşanma oranları artmıştır. Bu göstergeler, eğitim süresinin uzaması, ekonomik bağımsızlık arayışları ve bireyselleşme eğilimlerinin güçlenmesi gibi sosyoekonomik faktörlerle

ilişkilendirilmektedir. Doğurganlık hızının düşmesi, özellikle kentsel yerleşimlerde belirgin olup, kırsal ile kent arasındaki fark da giderek azalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin nüfus artışının yavaşladığı ve gelecekte yaşlanma baskısı altında kalacağı yönündeki projeksiyonlarla da uyumludur; nüfusun zirveye ulaşması ve ardından düşüşe geçmesi 2069 yılında öngörülmektedir.

Türkiye, politika yanıtları açısından değerlendirildiğinde, son yıllarda kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi ve mali destek mekanizmalarının çeşitlendirilmesi konusunda önemli adımlar atmıştır. Aile Enstitüsü ve Nüfus Politikaları Kurulu'nun kurulması, Ailenin Korunması ve Güçlendirilmesi Vizyon Belgesi ile Eylem Planı'nın yürürlüğe girmesi ve 2025'in "Aile Yılı" ilan edilmesi, siyasi iradenin demografik dönüşüme yönelik yanıtlarını sistematik bir politika çerçevesinde şekillendirmeye başladığını göstermektedir.

Aile Yılı programı kapsamında aile refahını artırmaya yönelik çok boyutlu tedbirler hayata geçirilmiştir. Bu tedbirler arasında doğum yardımları, çocuk bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması, esnek çalışma modelleri, ebeveyn izinlerinin uzatılması, genç evlenecek çiftlere finansal destekler ve evlilik öncesi eğitimler yer almaktadır. Ayrıca, boşanma sürecine yönelik danışmanlık hizmetleri, aile içi iletişim ve kuşaklar arası bağları güçlendirmeye yönelik eğitim programları, dezavantajlı ailelere saha temelli destek uygulamaları ve yaşlı bakım hizmetleri de politikaların kapsamına dahil edilmiştir.

Türkiye, bugün demografik dönüşüm sürecinde ileri evrelere ulaşmış bir ülke konumundadır. Doğurganlık oranlarının gerilemesi, boşanma oranlarının artması, nüfusun yaşlanma eğilimi göstermesi ve hanehalkı büyüklüklerinin küçülmesi gibi demografik dinamikler, beraberinde kapsamlı bir toplumsal değişimi de tetiklemektedir. Bu değişim ve dönüşümler; kentleşme süreçleri, ekonomik yapıdaki dönüşümler ve toplumsal değerler sistemiyle eş zamanlı ve çok boyutlu bir biçimde ilerlemektedir. Türkiye'nin deneyimlediği demografik geçiş, klasik Avrupa modeline kıyasla hem zamanlama hem de içerik bakımından farklılaşmakta ve daha sıkışık bir süreç içerisinde, daha hızlı bir biçimde gerçekleşmektedir. Bu çerçevede, ortaya çıkan toplumsal dönüşümlerin sosyal sorunlara evrilmesini önleyebilmek adına, zamanında geliştirilen, hedefe yönelik ve etkili kamu politikalarına ve uygulamalarına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Kocaman, 2025).

Diğer yandan dikkat çekmek gerekmektedir ki, Türkiye, gelişmekte olan ülkelerle benzerlik göstermekle beraber, demografik dönüşümünü gelişmiş ülkelere benzer bir seyir izlemektedir. Bu durum hem ekonomik büyüme hem de sosyal refah açısından ciddi bir tehdit olarak değerlendirilmektedir. Bu bakımdan, aile yapısında yaşanan değişimlerin, yalnızca bireylerin yaşam biçimlerini değil, aynı zamanda ülkenin uzun vadeli kalkınma süreçlerini de etkilediği belirtilmektedir (Coşan ve Baş, 2026).

Sonuç olarak demografik dönüşümler, Türkiye'de bireyleri ve aile kurumunu hem yapısal hem de işlevsel açıdan dönüştürmüştür ve halen dönüştürmeye devam etmektedir. Bununla birlikte, giderek çok kuşaklı geniş aile modelinin yerini, daha küçük ve daha esnek olmakla birlikte aynı zamanda daha kırılabilir yapıların aldığı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Artan boşanma oranları, evliliğin ertelenmesi, azalan doğurganlık düzeyi, yaşlı nüfusun giderek büyümesi gibi hususlar yalnızca bireyler ve aile içi ilişkileri değil, sosyal devletin üstlenmesi gereken sorumluluk alanlarını da yeniden şekillendirmektedir (Yolcu, 2025).

Türkiye'nin kendine özgü tarihsel ve güncel dinamikleri ve kültürel normları (örneğin 2000'li yıllarda uygulanan aile odaklı sosyal politikalar, artan kadın istihdamına rağmen devam eden ataerkil izler, mülteci hareketleri, bölgesel eşitsizlikler de bu dönüşümler üzerinde etki göstermektedir.

Bu dönüşüm karşısında sosyal politika yapıcılarının, aile kurumuna korumacı bir perspektifle yaklaşımın yanı sıra, değişen toplumsal dinamikleri dikkate alan kapsayıcı ve esnek bir anlayışla yaklaşımları gerektiği açıktır (Yolcu, 2025). Türkiye'nin demografik dönüşümlerin getirdiği zorluklar ile mücadele politikaları genel olarak doğurganlık oranının düşüşünü tersine çevirmeye yönelik mali teşvikler ve aile destek programları kadar aile kurumunu güçlendirmeye yönelik sosyal ve kurumsal düzenlemeleri içermektedir. Ancak mevcut stratejilerin etkililiği, yalnızca mali teşviklerle sınırlı kalmaması; çocuk bakım hizmetlerinin yaygınlaştırılması, iş-aile dengesini destekleyen çalışma koşullarının sağlanması ve daha kapsamlı sosyal politikalarla bütünleşmesi gerektiği akademik literatürde vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım, demografik eğilimlerin yalnızca ekonomik değil aynı zamanda toplumsal ve kültürel boyutlarını da dikkate alan sürdürülebilir politikalar geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye'de demografik dönüşüm süreci sonucunda ortaya çıkan demografik fırsat penceresinin 2040 yılına kadar açık kalması beklenmektedir. Bu nedenle, ülkenin sahip olduğu bu demografik sermayenin etkin biçimde yönetilmesine yönelik tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Söz konusu gelişmeler, toplumsal yapı ile birlik ve beraberlik açısından hem fırsatları hem de riskleri beraberinde getirmektedir. Bu doğrultuda, özellikle toplumun temel yapı taşı olan aile odağında, ekonomik, sosyal ve kültürel tedbirlerin bütüncül bir stratejik yaklaşımla hayata geçirilmesinin gerekli olduğu vurgulanmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024).

Tüm bunlar ışığında, Türkiye'de aile politikalarının etkinliği yalnızca ekonomik teşviklerle sınırlı kalmaması, sağlık, eğitim, istihdam ve sosyal hizmetlerle bütünsel biçimde uygulanmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Kadınların işgücüne katılımı, bireyselleşme eğilimleri ve değişen yaşam biçimleri, aile ve doğurganlık politikalarının tasarımında dikkate alınması gereken kritik faktörlerdir. Uzun vadede, doğum ve çocuk destek programlarının yaygınlaştırılması, aile eğitim ve danışmanlık hizmetlerinin güçlendirilmesi, gençlerin aile kurma süreçlerinin desteklenmesi ve yaşlanan nüfusa yönelik bakım politikalarının geliştirilmesi, demografik sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem arz etmektedir.

Bu bağlamda, Türkiye'nin aile merkezli, çok sektörlü ve yaşam döngüsü temelli politika yaklaşımı, demografik değişimin yalnızca sayısal değil, sosyal ve kültürel boyutlarını da kapsayan bütüncül bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, Y. (2016). Türkiye'nin nüfus coğrafyası. Doğanay, S., & Alım, M. (Ed.), Türkiye beşeri ve ekonomik coğrafyası içinde (ss. 1-59). Ankara: Pegem Akademi.
- Aysan, M. F. (2015). Türkiye'de aile yapısındaki değişim ve doğurganlık düşüşü. Türkiye Dördüncü Nüfusbilim Konferansı (ss. 155-168). Şubat 2016, Ankara.
- Aysan, M. (2022). Türkiye'nin demografik dönüşümü ve yeni meydan okumalar. L. Sunar (Ed.), Türkiye'de toplumsal yapı ve değişim içinde (pp. 137-158). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- BBC Türkçe (2026). Evlenme oranı düştü, boşanma oranı arttı, ortalama evlenme yaşı yükseldi. <https://www.bbc.com/turkce/articles/cn874jpr5kko>
- Beck-Gernsheim, E. (2002). Reinventing the family: In search of new lifestyles. Polity Press.

- Beyaz, C. (2024). Yüzüncü yılında Türkiye demografisi. HUMANITAS-Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 12(Cumhuriyet'in 100. Yılı Özel Sayısı), 57-85.
- Beyaz, C. (2025). Doğurganlığa etki eden yeni eğilim: Sosyal kısırılık. Kriter Dergisi, <https://kriterdergi.com/dosya-toplum/dogurganliga-etki-eden-yeni-egilim-sosyal-kisirlilik>
- Beyaz, C. (2026). 2025'in Demografik Yapısı. SETA, <https://www.setav.org/2025in-demografik-yapisi>
- Billari, F. C., & Liefbroer, A. C. (2010). Towards a new pattern of transition to adulthood?. *Advances in Life Course Research*, 15(2-3), 59-75.
- Bölükbaşı, A. (2024). Social consequences of demographic transformation in Turkey. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(4), 1041-1058.
- Cabılar, B. Ö., & Yılmaz, A. E. (2022). Boşanma ve boşanma sonrası uyum: Tanımlar, modeller ve uyumun değerlendirilmesi. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 14(1), 1-11.
- Caldwell, J. C. (2006). The globalization of fertility behavior. In *Demographic transition theory* (pp. 249-271). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Castiglioni, M., & Dalla-Zuanna, G. (2014). Spread of cohabitation and proximity between kin in contemporary Italy. *Journal of Family History*, 39(4), 422-444.
- Coale, A. J. (2017). *The decline of fertility in Europe*. Princeton University Press.
- Coşan, B., & Baş, H. (2026). 2025 neden aile yılı? Gerçekler ve beklentiler arasında bir değerlendirme. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 26(70), 13-37.
- Davis, K. (1945). The world demographic transition. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 237(1), 1-11.
- Davis, K. (1963). The theory of change and response in modern demographic history. *Population Index*, 29(4), 345-366.
- Dell'Omodarme, G. (2026). EU fertility falls to record low of 1.34 children per woman in 2024. <https://www.eunews.it/en/2026/03/06/eu-fertility-falls-to-record-low-of-1-34-children-per-woman-in-2024/>
- Doğan, M. (2009). Demographic movements in the township of Büyükçekmece. *Management and Education Academic Journal*, 5(2), 66-75.
- Doğanay, H. (2014). *Türkiye beşeri coğrafyası*. Ankara: Pegem Akademi.
- DW Türkçe (2025). Türkiye'de aileler küçülüyor. <https://www.dw.com/tr/turkiyede-aileler-kuculuyor/a-72536612>
- Engin, M. (2022). Türkiye'de aile yapısının dönüşümü: Sorunlar ve beklentiler. *Uluslararası Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 123-136.
- Eurostat. (2023). Fertility statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat>
- Frejka, T. (2016). *The demographic transition revisited: A cohort perspective (Working Paper No.WP 2016-012)*. Rostock: Max Planck Institute for Demographic Research.
- Giddens, A. (2013). *The transformation of intimacy: Sexuality, love and eroticism in modern societies*. John Wiley & Sons.
- Gökburun, İ. (2020). Türkiye'nin demografik dönüşüm sürecinde nüfus politikalarının rolü. *Gelecek Vizyonlar Dergisi*, 4 (4), 1-15.

- Gündüz, M., Kutlar, A., Gündüz, F., & Esgin, A. (2005). Nüfus sorunu: Eğitim ve sosyo-ekonomik dönüşüm bağlamında Türkiye’de doğurganlık. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Gürsoy Çuhadar, S., & Lordoğlu, K. (2016). Demografik dönüşüm sürecinde Türkiye’de yaşlanma ve sorunlar. *Journal of Faculty of Political Science*, 54, 63-80.
- Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü (2008). Türkiye nüfus ve sağlık araştırması. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü. https://hips.hacettepe.edu.tr/tr/2008_turkiye_nufus_ve_saglik_arastirmasi-71
- Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü (2019). 2018 Türkiye nüfus ve sağlık araştırması. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı & TÜBİTAK.
- Inglehart, R. (2020). *Modernization and postmodernization: Cultural, economic, and political change in 43 societies*. Princeton University Press.
- Keskin, F., & Koç, İ. (2023). Cumhuriyetin 100. Yılında Türkiye’nin demografik yapısı ve öncelik alanları. *Nüfusbilim Dergisi*, 45, 5-27.
- Kinsella, K., & He, W. (2009). *An aging world: 2008: International population reports*. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Kirk, D. (1996). Demographic transition theory. *Population Studies*, 50(3), 361-387.
- Kocaman, Y. (2025). Türkiye’de demografik dönüşüm sürecine kuramsal bir bakış: Temel nüfus parametrelerinden sosyal sonuçlara. *Senectus*, 3(2), 169-204.
- Koç, İ, Eryurt, M.A., Adalı, T., & Seçkiner, P. (2010). Türkiye’nin demografik dönüşümü. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü Yayını.
- Köse, M., & Sertkaya Doğan, Ö. (2022). Nüfus politikaları bağlamında Türkiye nüfusunun demografik dönüşümü, yapısal değişimi ve geleceği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 74, 247-267.
- Lee, R. (2002). The demographic transition: Three centuries of fundamental change. *Journal of Economic Perspectives*, 17(4), 167-190.
- Lesthaeghe, R. (1983). A century of demographic and cultural change in Western Europe: An exploration of underlying dimensions. *Population and development Review*, 1, 411-435.
- Lesthaeghe, R. (2010). The unfolding story of the second demographic transition. *Population and Development Review*, 36(2), 211-251.
- Lesthaeghe, R. (2014). The second demographic transition: A concise overview of its development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(51), 18112-18115.
- Notestein, F. W. (1945). Population: The long view. In T. W. Schultz (Ed.), *Food 54ort he world* (pp. 36-57). University of Chicago Press.
- Notestein, F. W. (1952). *Economic problems of population change*. Oxford University Press.
- OECD (2026). Ageing. <https://www.oecd.org/en/topics/ageing.html>
- OKE (2024). Baby births in the European Union in 2024. <https://oke.gr/en/baby-births-european-union-2024>

- Paterson, K. (2025). Fertility rates by country 2025: How population rankings will change by 2075. <https://www.whatjobs.com/news/fertility-rates-by-country-2025-how-population-rankings-will-change-by-2075/>
- Reher, D. S., & Sanz-Gimeno, A. (2007). Rethinking historical reproductive change: Insights from longitudinal data for a Spanish town. *Population and development Review*, 33(4), 703-727.
- Roser, M. (2019). Demographic transition: Why is rapid population growth a temporary phenomenon? Our World in Data. <https://ourworldindata.org/demographic-transition>
- Sabancılar Eren, S. & Özdemir, N. E. (2024). Aile politikaları ekseninde Türkiye’de yeni muhafazakârlık ve sosyal refah muhafazakârlığı. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 14(2), 637-657.
- Sobotka, T. (2008). Overview chapter 6: The diverse faces of the second demographic transition in Europe. *Demographic Research*, 19, 171-224.
- Sertkaya Doğan, Ö., & Bostan, H. (2019). Türkiye’nin demografik dönüşümü ve nüfus projeksiyonlarına göre fırsatlar. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 24(41), 61-90.
- Silkin Ün, S. (2026). Demografik değişime bağlı aile odaklı pronatalist politikalar: Avusturya örneği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 72, 287-300.
- Şahin, C. (2016). Türkiye nüfusu. Hayır Kanat, M. (Ed), *Türkiye coğrafyası ve jeopolitiği içinde* (ss. 220-248). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Şahin, S. (2018). *Geçmiş, günümüz ve gelecekte nüfus gerçeği*. Ankara: Pegem Akademi.
- Şensoy Boztepe, A. (2025). 10 soruda “Aile Yılı” desteklerinin merak edilenleri. Anadolu Ajansı resmi web sitesi, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/10-soruda-aile-yili-desteklerinin-merak-edilenleri/3449958>
- Teitelbaum, M. S. (1987). Relevance of demographic transition theory for developing countries. *Perspectives on Population: An Introduction to Concepts and Issues*, 188, 29-36.
- TÜİK (2025). Cari Yıl İçin Aylık Doğum ve Ölüm Sayısı Bilgisi. https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/29_Aylik_Dogum_olum_TR.pdf
- TÜİK (2026a). Demografik göstergeler. <https://veriportali.tuik.gov.tr/api/tr/data/downloads?t=i&p=byvK6lgTzeSdPxPs3rMNhuK2LXd2u0qCP8hmDBUweSoeCmNc4%2BuiYwjkyOZtOSO%2FhSSIwxYneFH9P5W62i0lLw%3D%3D>
- TÜİK (2026b). Evlenme ve Boşanma İstatistikleri, 2025. <https://veriportali.tuik.gov.tr/press/58165>
- T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2024). Doğurganlık oranının artırılmasına yönelik yeni politikalar için Aile ve Nüfus Politikaları Daire Başkanlığı kuruldu. <https://www.aile.gov.tr/haberler/dogurganlik-oraninin-artirilmesine-yonelik-yeni-politikalar-icin-aile-ve-nufus-politikalari-daire-baskanligi-kuruldu/>
- T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2025). Aile yılı hakkında. 2025 Aile Yılı web sitesi, <https://aileyili.gov.tr/kategoriler/aile-yili-hakkinda/>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2024). On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028): Aile, Nüfus ve Demografik Dönüşüm, Özel İhtisas Komisyonu Raporu.

https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2025/08/Aile-Nufus-ve-Demografik-Donusum-OIK-Raporu_01082025.pdf

- United Nations (2024). World Population Prospects 2024. Un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024
- Van de Kaa, D. J. (1987). Europe's second demographic transition. *Population Bulletin*, 42(1), 1-59.
- Watkins, S. C. (1987, September). The fertility transition: Europe and the Third World compared. In *Sociological forum* (Vol. 2, No. 4, pp. 645-673). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Yolcu, F. S. (2025). Demografik dönüşüm ve aile: Türkiye nüfus dinamiklerinin aile yapısına ve sosyal politikaya etkileri. *İçtimaiyat*, (Aile Özel Sayısı), 343-360.
- Yüceşahin, M. M. (2011). Küresel bir süreç olarak demografik dönüşüm: Mekânsal bir değerlendirme. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1), 11-28.
- Yüksektepe, İ. (2025). Türkiye'de aile danışma merkezlerine genel bir bakış. *Faculty of Letters Journal of Social Sciences*, 49(1), 97-105.
- Zaidi, B., & Morgan, S. P. (2017). The second demographic transition theory: A review and appraisal. *Annual Review of Sociology*, 43, 473-492.

KORKU MU? YOKSA FIRSAT MI? YAPAY ZEKA VE ÇALIŞAN ALGILARI ÜZERİNE NİTEL BİR İNCELEME

Dr. Öğr. Üyesi Esra YILDIZ

*Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Muhasebe ve Vergi Bölümü
Karaman/Türkiye
eyildiz@kmu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5168-3708*

Doç. Dr. Nezahat KOÇYİĞİT

*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü
Konya/Türkiye
nkocyigit@erbakan.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3332-3642*

ÖZET

Teknolojik gelişmeler son dönemlerde iş hayatını farklı noktalara taşımıştır. Özellikle yapay zeka araçlarının işletmelerde kullanımı, iş süreçlerine uyum açısından konu ile ilgili çalışanların düşüncelerini ve algılarını önemli hale getirmiştir. Bu kapsamda araştırmanın amacı yapay zekanın çalışanlar tarafından nasıl algılandığı ve yapay zekaya olan bakış açılarını ortaya koymaktadır. Çalışmada yapay zeka kullanımı ve çalışan algıları korku ve fırsat bağlamında ele alınmıştır. Araştırma sonucunda çalışanların yapay zeka uygulamaları hakkında sahip oldukları bilgi düzeyi ile birlikte konu ile ilgili farkındalıklarını ortaya koymak hedeflenmiştir. Araştırmada yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak 10 özel sektör çalışanına iş hayatında yapay zeka ve kullanımı ile ilgili sorular sorulmuş ve alınan cevaplar doğrultusunda çıkarımlar yapılmıştır. Çalışanların yapay zekanın iş hayatındaki rolü, konu ile ilgili yaşadıkları deneyim, yapay zekanın iş süreçlerini etkileme durumunda hissettikleri, kariyerlerine yönelik etkisinin ne olabileceği, konu ile ilgili kaygı taşıyıp taşımadıkları, uygulamaların faydalı yönleri, yapay zeka ile ilgili tutumları ve buldukları kurumun sergilediği yaklaşım ile ilgili düşünceleri analiz edilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bulgularda; çalışanlar yapay zekayı iş hayatında faydalı, verimli bir araç olarak görmekte birlikte çeşitli risklerinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Katılımcılar yapay zekanın iş yapma süreçlerini kolaylaştırdığını ve de hızlandırdığını vurgulamışlardır. Bunun yanı sıra yapay zekadan birçok işin yerine getirilmesinde faydalanılmasının gelecekte iş kaybına yol açabileceği kaygısına sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Genel olarak katılımcıların cevapları değerlendirildiğinde, yapay zekanın verim artırıcı, işleri kolaylaştırıcı, ilk deneyimlerde tedirginlik oluşturan fakat zamanla sevilen bir uygulama olduğu görülmektedir. Rutin işlerin daha hızlı yapılmasında etkili olması çalışanlarda gelecekte iş kaybının yaşanmasına yönelik bir kaygı oluşturmaktadır. Fakat aynı zamanda çalışanların içinde buldukları kurumun politikaları ve uygulamalarına yönelik geliştirdikleri eğitimler konuyu kariyer gelişimi açısından bir fırsat olarak görmelerini sağlamaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda doğru strateji ve politikalar ile çalışanların yapay zeka uygulamalarına uyumları sağlanabilir. Verimlilik ve işlerin daha hızlı, etkili yerine getirilmesi için yapay zekanın çalışanlar tarafından kabulü önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Çalışan, Korku, Fırsat,

Jel Kodları : M0,M1

FEAR OR OPPORTUNITY? A QUALITATIVE EXAMINATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EMPLOYEE PERCEPTIONS.

Dr. Esra YILDIZ

*Karamanoğlu Mehmetbey University, Vocational School of Social Sciences, Accounting and Tax Department
eyildiz@kmu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5168-3708*

Assoc. Prof. Dr. Nezahat KOCYİGİT

*Necmettin Erbakan University, Applied Sciences Faculty, Management Information Systems Department
nkocyigit@erbakan.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3332-3642*

ABSTRACT

Technological advancements have recently transformed the world of work. The use of artificial intelligence (AI) tools in businesses, in particular, has made the thoughts and perceptions of employees regarding AI integration into business processes crucial. This research aims to reveal how AI is perceived by employees and their perspectives on it. The study examines AI use and employee perceptions in the context of fear and opportunity. The research aims to determine the level of knowledge and awareness employees have about AI applications. Using a semi-structured interview technique, 10 private sector employees were asked questions about AI and its use in the workplace, and inferences were drawn from the responses. The study analyzed the role of AI in the workplace, their experiences with it, their feelings about AI impacting business processes, its potential impact on their careers, their concerns, the beneficial aspects of the applications, their attitudes towards AI, and their thoughts on the approach of their organization. The findings from the interviews indicate that while employees view AI as a useful and efficient tool in the workplace, they also acknowledge various risks associated with it. Participants emphasized that artificial intelligence (AI) simplifies and accelerates work processes. However, they also expressed concern that using AI to perform many tasks could lead to job losses in the future. Overall, when evaluating the participants' responses, it appears that AI is seen as an application that increases efficiency, simplifies tasks, creates initial apprehension, but is eventually embraced. Its effectiveness in performing routine tasks faster creates concern among employees about potential future job losses. However, the training employees receive regarding the policies and practices of their organizations allows them to view it as an opportunity for career development. Based on the findings of this study, employee adaptation to AI applications can be ensured with the right strategies and policies. Employee acceptance of AI is crucial for increased productivity and faster, more effective work performance.

Keywords: Artificial Intelligence, Employee, Fear, Opportunity,

Jel Codes: M0,M1

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KAMU YÖNETİMİNDE SORUMLULUĞUN DAĞILMASI SORUNU: KARAR, HATA VE HESAP VERME ÜZERİNE BİR İNCELEME

Öğr. Gör. Dr. Selin ENGİN

Adıyaman Üniversitesi, Bologna Kurum Koordinatörlüğü

sakbay@adiyaman.edu.tr

ORCID: 0000-0002-2356-9414

ÖZET

Yapay zekânın (YZ) son zamanlarda günlük yaşamda giderek yaygınlaşması, kamu yönetimi karar alma süreçlerindeki rolünü de hızla genişletmektedir. Ancak, yapay zekanın getirmiş olduğu avantajların yanında bazı yeni soru ve olası sorunların da ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle karar alma süreçlerinde ortaya çıkan temel sorun, karar sürecinin artık tek bir kişi ya da tek bir kurum üzerinden yürümemesidir. Karar sürecine veri setleri, algoritmik modeller, yazılım geliştiriciler, kamu görevlileri, kurum yöneticileri ve denetleyici birimler birlikte dâhil olmaktadır. Bu durum, hata halinde hesap verme ilişkisinin daha karmaşık hale gelmesine yol açmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ destekli kamu yönetiminde bir hata gerçekleşmesi durumunda sorumluluğun belirlenmesi sürecinde ortaya çıkan belirsizlikleri incelemektir. Çalışma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde doküman incelemesine dayalı olarak yürütülmüştür. İlk önce, OECD'nin Yapay Zekâ Tavsiye Kararı, UNESCO'nun Yapay Zekâ Etiği Tavsiye Kararı, Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası ve NIST Yapay Zekâ Risk Yönetimi Çerçevesi gibi yönlendirici belgeler incelenmiştir. Bu belgelerden elde edilen bilgiler temel alınarak yapay zekanın kullanımı, hukuki ve idari sorumluluk, hizmet kusuru, şeffaflık, insan gözetimi ve en önemli olarak da hesap verilebilirlik konularını içeren akademik çalışmalar incelenmiştir. İncelenen belgeler sonucunda yapay zekanın kamu yönetiminde hız, verimlilik ve karar alma desteği sunabildiği bulgusuna ulaşılmıştır. Ancak bu faydalar sağlanırken olası bir hata durumunda sorumluluğun hangi kişi, kurum veya süreç üzerinde toplanacağına açık biçimde belirlenmediği de tespit edilmiştir. Bu nedenle yapay zekâ destekli kamu yönetiminde ele alınması gereken hususların sadece teknolojik kapasite artışı ile sınırlı kalmaması gerektiği anlaşılmıştır. Yapay zekâ kullanımının güvenilir biçimde gerçekleştirilebilmesi için sorumluluk atamasının önceden yapılması, karar süreçlerinin olabildiğince izlenebilir hale getirilmesi, insan gözetimi ve bir hata durumunda etkili itiraz/gözden geçirme mekanizmalarının oluşturulmasının gerekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Kamu Yönetimi, Hesap Verebilirlik, İdari Sorumluluk, İnsan Gözetimi

Jel Kodları: H83, D73, O38

THE PROBLEM OF THE DIFFUSION OF RESPONSIBILITY IN AI-SUPPORTED PUBLIC ADMINISTRATION: A STUDY OF DECISION, ERROR AND ACCOUNTABILITY

Lecturer Dr. Selin ENGİN

Adiyaman University, Bologna Institutional Coordination Office

sakbay@adiyaman.edu.tr

ORCID: 0000-0002-2356-9414

ABSTRACT

The recent widespread use of artificial intelligence (AI) in daily life has rapidly expanded its role in public administration decision-making processes. However, AI-supported decisions also raise new concerns, as decision-making now involves multiple human, institutional and technical actors rather than a single authority. This situation leads to a more complex accountability framework in the event of an error. The aim of this study is to examine the uncertainties that arise in the process of determining responsibility when an error occurs in AI-supported public administration. The study was carried out based on document analysis within the framework of qualitative research approach. First, guiding documents such as the OECD's Recommendation on Artificial Intelligence, UNESCO's Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence, the European Union's Artificial Intelligence Act and the NIST Artificial Intelligence Risk Management Framework were reviewed. Based on the information obtained from these documents, academic studies addressing the use of artificial intelligence, legal and administrative liability, service failure, transparency, human oversight, and, most importantly, accountability were examined. The analysis of these documents revealed that AI could provide speed, efficiency and decision-making support in public administration. However, it was also determined that while these benefits were realized, it was not clearly defined which individual, institution, or process would bear responsibility in the event of an error. Consequently, it was understood that the issues requiring attention in AI-supported public administration should not be limited solely to technological capacity enhancement. It was concluded that, to ensure the reliable implementation of AI, responsibility must be assigned in advance, decision-making processes must be made as traceable as possible, human oversight must be maintained, and effective appeal/review mechanisms must be established in the event of an error.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Administration, Accountability, Administrative Responsibility, Human Oversight

Jel Codes: H83, D73, O38

GEBELİK SÜRECİNDE BESLENME ALIŞKANLIKLARINDAKİ DEĞİŞİM: FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKENLERİN TÜKETİM TERCİHLERİNE YANSIMASI

Dr. Öğr. Üyesi Ezel Bilge YERLİ

*Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri, Halk Sağlığı Anabilim Dalı
bilgeyerliezel@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0209-0711*

Dr. Öğr. Üyesi Hilal MOLA

*Atatürk Üniversitesi, Oltu Beşeri ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü
hilal.karatas@atauni.edu.tr
ORCID: 0000-0002- 2707-5577*

Uzm. Dr. Ülkü İNCE

*Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon
ulkukaratas84@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5517-1489*

ÖZET

Gebelik ile birlikte vücutta artan östrojen, progesteron hormonlarıyla beraber, bireylerde sağlık hassasiyeti, sorumluluk artışı, riskten kaçınma davranışı ve sezgisel kararlarda artış görülebilmektedir. Bu süreçte annelik duygusunu yeni yeni hissetmeye başlayan gebelerde rasyonel karar verme çabası ve artan bilgi arayışıyla tüketim tercihlerinde büyük değişiklikler yaşanmakta ve daha seçici, daha dikkatli ve sağlık odaklı bir tüketim anlayışı benimsenebilmektedir. Bu çalışmada da bireylerin gebeliğin olduğu ilk andan beri yaşadıkları fizyolojik ve psikolojik değişimlerin neler olduğu ve bu değişimlerin tüketim davranışına nasıl yansıdığı incelenmiştir. Çalışma özellikle risk algısı, maternal içgüdü, sağlık kaygısı, sosyal medya, reklamlar, aile gibi çevresel etki, bilgi arayışı gibi karmaşık etkenler çerçevesinde ele alınmıştır. Araştırmada, bu değişkenlerin gebelerin karar verme süreçleri üzerindeki etkilerini daha detaylı ortaya koymak amacıyla derinlemesine mülakat teknikleri ile veriler elde edilmiş ve nitel araştırma yöntemlerinden faydalanılarak elde edilen veriler tematik analiz yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Kartopu örneklem yöntemi ile ulaşılan 1.,2., ve 3., trimester dönemlerinde olan gebe kadınlar çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Elde edilen nitel veriler, sistematik bir analiz sürecine tabi tutulmuş ve verilerin düzenlenmesi, kodlanması ve anlamlı temalar ortaya koyabilmek için MAXQDA programından yararlanılmıştır. Araştırma bulguları MAXQDA Nitel Veri Çözümleme Programı'nda "hiyerarşik kod-alt kod modeli", "alt kodların istatistiği", "kelime bulutu" ve "kod bulutu" kullanılarak analiz edilmiş ve bulgular ilgili programdan elde edilen şekiller ile görselleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan temalar, sosyal ve dışsal etkiler, tüketim davranışları ve beslenme, fizyolojik ve sağlık odaklı değişiklikler, psikolojik değişimler ve anne bebek sağlık ilişkisidir.

CHANGES IN NUTRITIONAL HABITS DURING PREGNANCY: HOW PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS REFLECT ON CONSUMPTION PREFERENCES

Assistant Professor Dr. Ezel Bilge YERLİ

*Atatürk University, Faculty of Medicine, Department of Internal Medicine, Division of Public Health
bilgeyerliezel@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0209-0711*

Assistant Professor Dr. Hilal MOLA

*Atatürk University, Oltu Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Finance and Banking
hilal.karatas@atauni.edu.tr
ORCID: 0000-0002- 2707-5577*

Specialist Dr. Ülkü İNCE

*Erzurum Regional Training and Research Hospital Anesthesiology and Reanimation
ulkukaratas84@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5517-1489*

ABSTRACT

With pregnancy, increased estrogen and progesterone hormones in the body can lead to increased health sensitivity, responsibility, risk-averse behavior, and intuitive decision-making in individuals. During this process, pregnant women who are just beginning to experience motherhood undergo significant changes in their consumption preferences as they strive for rational decision-making and seek more information, leading to a more selective, careful, and health-focused approach to consumption. This study examined the physiological and psychological changes that individuals experience from the moment of conception and how these changes are reflected in their consumption behavior. The study specifically addresses complex factors such as risk perception, maternal instinct, health concerns, social media, advertising, environmental influences like family, and the search for information. In order to more thoroughly reveal the effects of these variables on the decision-making processes of pregnant women, data were obtained through in-depth interview techniques in the study, and the data obtained using qualitative research methods were evaluated with a thematic analysis approach. Pregnant women in their first, second, and third trimesters, reached through snowball sampling, constitute the sample for this study. The qualitative data obtained were subjected to a systematic analysis process, and the MAXQDA program was used to organize, code, and identify meaningful themes in the data. The research findings were analyzed using the MAXQDA Qualitative Data Analysis Program with "hierarchical code-subcode model", "subcode statistics", "word cloud" and "code cloud", and the findings were visualized with figures obtained from the program. The main themes that emerged from the study are social and external influences, consumption behaviors and nutrition, physiological and health-related changes, psychological changes, and the mother-infant health relationship.

Keywords: Pregnancy, Consumption Behaviors, Health Concerns, Risk Perception, Qualitative Analysis

KENTSEL VE BÖLGESEL EKONOMİ BAĞLAMINDA AKILLI ŞEHİRLER: YAPAY ZEKA LİTERATÜRÜNÜN BİLİMSEL AĞ ANALİZİ

Doç. Dr. Aykut SEZGİN

İktisat Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

aykutsezgin@sdu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7039-8032

ÖZET

Hızlı kentleşme, şehirlerde karmaşık altyapı, ulaşım ve kaynak yönetimi sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu sorunların çözümünde ön plana çıkan "akıllı şehir" konseptinde yapay zeka (YZ) teknolojileri, kentsel ekonomilerin daha verimli, yenilikçi ve sürdürülebilir olmasında kilit rol oynamaktadır. Ancak, kentsel alanlardaki teknolojik yoğunlaşma, şehirlerin çevresindeki bölgeleri doğrudan etkilemektedir. Bu durum, bir yandan "akıllı bölgeler" kavramını doğururken diğer yandan farklı ölçekte bölgeler arasındaki bölgesel kalkınma eşitsizliklerini derinleştirme riski taşımaktadır. Dolayısıyla, YZ'nin, kentsel büyümenin bölgesel yayılma etkilerini içerecek şekilde bölgesel ekonomi perspektifinden kapsayıcı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Bu araştırma, akıllı şehirler, bölgesel ekonomi ve YZ disiplinlerinin birleştiği bilimsel yazın alanını bibliyometrik haritalandırma teknikleriyle analiz etmektedir. İncelemeye esas teşkil eden veriler, Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanı üzerinden "yapay zeka", "makine öğrenmesi", "akıllı şehirler" ve "akıllı bölgeler" kavramları kullanılarak, en yeni eğilimleri kapsamlı bir şekilde yansıtmak amacıyla, 2013-2025 dönemi için seçilmiştir. İncelenen yayınlar "makale" ve "derleme" gibi WoS veri tabanında yer alan bütün türleri kapsamaktadır. Ayrıca çalışmanın ekonomik ve mekansal derinliğini muhafaza etmek amacıyla, kategori seçimi, "Ekonomi", "Kentsel Çalışmalar" ve "Bölgesel ve Kentsel Planlama" olarak yapılmıştır.

Analiz sürecinde R yazılımı tabanlı "bibliometrix" paketi kullanılarak literatürün tematik evrimi ve trend analizi gerçekleştirilmiş; "VOSviewer" yazılımı ile de ortak yazar, atıf ve anahtar kelime ağları incelenmiştir. Elde edilen bulgular, literatürün salt teknolojik altyapı odağından çıkarak, kentsel yönetim, sürdürülebilirlik ve inovasyon gibi sosyo-ekonomik eksenlere doğru evrildiğini açıkça göstermektedir. Bununla birlikte, bibliyografik eşleşme haritaları incelendiğinde, akademik ve teknolojik bilgi üretiminin ABD, Çin, İngiltere ve Avustralya gibi ülkelerde yoğunlaştığı ve bu durumun küresel düzeyde belirgin bir potansiyel farklılığı yarattığı tespit edilmiştir. Disiplinler arası kaynak ortak atıf ağlarının da doğruladığı üzere, akıllı şehir uygulamalarının bölgesel eşitsizlikleri derinleştirmesini önlemek adına, teknoloji odaklı teknik araştırmalar ile bölgesel kalkınma politikaları arasındaki kuramsal entegrasyonun ve uluslararası iş birliklerinin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı şehirler, bölgesel ekonomi, kentsel ekonomi, yapay zeka, VOSviewer, Bibliometrix

Jel Kodları: O33, R11, R58

SMART CITIES IN THE CONTEXT OF URBAN AND REGIONAL ECONOMICS: A SCIENTIFIC NETWORK ANALYSIS OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERATURE

Assoc. Prof. Dr. Aykut Sezgin

Süleyman Demirel University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

aykutsezgin@sdu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7039-8032

ABSTRACT

Rapid urbanization brings complex infrastructure, transportation, and resource management challenges. To address these, the "smart city" concept has emerged, within which artificial intelligence (AI) technologies play a key role in making urban economies more efficient, innovative, and sustainable. However, technological concentration in urban areas directly affects surrounding regions. This gives rise to the concept of "smart regions" while simultaneously risking the deepening of regional development disparities across different scales. Therefore, AI must be examined comprehensively from a regional economics perspective, encompassing the regional spillover effects of urban growth.

This research analyzes the scientific literature at the intersection of smart cities, regional economics, and AI using bibliometric mapping techniques. To capture the latest trends comprehensively, data was extracted from the Web of Science (WoS) Core Collection database for the 2013-2025 period, utilizing the concepts of "artificial intelligence," "machine learning," "smart cities," and "smart regions." The analyzed publications encompass document types such as "articles" and "reviews" indexed in the WoS database. Furthermore, in order to maintain the study's economic and spatial depth, WoS categories were restricted to "Economics," "Urban Studies," and "Regional & Urban Planning."

Thematic evolution and trend analysis were conducted using the R-based "bibliometrix" package, while co-author, citation, and keyword networks were examined via "VOSviewer". Findings clearly demonstrate that the literature has evolved from a purely technological infrastructure focus toward socio-economic axes such as urban governance, sustainability, and innovation. Furthermore, bibliographic coupling maps reveal that academic and technological knowledge production is heavily concentrated in countries like the USA, China, England, and Australia, creating a distinct global difference in potential. As confirmed by interdisciplinary source co-citation networks, strengthening the theoretical integration and international collaborations between technology-oriented technical research and regional development policies is essential to prevent smart city applications from exacerbating regional disparities.

Keywords: Smart cities, regional economics, urban economics, artificial intelligence, VOSviewer, Bibliometrix

Jel Codes: O33, R11, R58

G7 ÜLKELERİNDE YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİ: WESTERLUND YÖNTEMİNE DAYALI PANEL EŞBÜTÜNLEŞME PERSPEKTİFİ

Melike Nisa ŞENCAN

İktisat Ana Bilim Dalı, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye
yl2330242001@ogr.sdu.edu.tr
ORCID: 0009-0008-3414-5925

Doç. Dr. Canan ŞENTÜRK

İktisat Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye
canansenturk@sdu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7714-844X

ÖZET

İnsan ile fiziksel çevre arasındaki ilişkinin tarihsel gelişiminin incelenmesi, sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramlarının ortaya çıkış nedenlerini kavrayabilmek açısından önemli bir temel oluşturmaktadır. Bu evrimsel süreç, genellikle çevrenin mutlak ihmal edildiği dönem, çevrenin korunması ile ekonomik büyüme arasındaki ikilem dönemi ve bugünü kapsayan bir süreçte sürdürülebilir kalkınma dönemi olarak üç farklı dönemde ele alınmaktadır. Son süreçte ekonomik büyümenin sınırlarına ve bu sınırların çevresel ve toplumsal etkilerine dair sorgulamalar öne çıkmaya başlamaktadır. Öyle ki, 'eko-kalkınma' kavramı doğmakta ve bu kavram, biyosfer kaynaklarının uzun vadeli optimizasyonuna dayalı muhafazakâr kalkınma yaklaşımını, doğanın korunmasını önceleyen üretim sistemlerini ve uygun teknolojileri kapsayan bir çerçeveye dönüştürmektedir. Dolayısıyla artık ekonomik büyümenin ancak doğal çevreyle olan karşılıklı bağımlılığın dikkate alınması hâlinde sürdürülebilir olabileceğine dair tartışmalar hız kazanmakta, Çevresel Kuznets Eğrisi ve Yük Kapasitesi Hipotezi yazında önemli yer bulmaktadır. Bu bağlamda çalışmada sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC) Hipotezi kapsamında incelenmektedir. Bu doğrultuda, G7 ülkelerinde 1961–2024 dönemi için büyümeyi temsilen kişi başına GSYİH ve çevresel sürdürülebilirliğin temsiline ise ekolojik ayak izi ve biyokapasiteyi birlikte dikkate alan yük kapasitesi faktörü değişkenleri kullanılarak panel veri analizi gerçekleştirilmektedir. Çalışmada öncelikle yatay kesit bağımlılığı testleri uygulanmakta ve elde edilen bulgular doğrultusunda ülkeler arasında bağımlılık olduğu tespit edilmektedir. Bu nedenle analizlerde ikinci nesil panel birim kök testleri tercih edilmektedir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı Pedroni ve Westerlund Eşbütünleşme testleri ile incelenmekte ve her iki test sonucunda da seriler arasında güçlü bir eşbütünleşme ilişkisi bulunduğu ortaya koyulmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, ekonomik büyüme değişkeninin katsayısı negatif, ekonomik büyümenin karesinin katsayısı ise pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Bu sonuçlar, G7 ülkelerinde ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında U şeklinde bir ilişkinin varlığını göstermekte ve LCC hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, ekonomik büyümenin başlangıç aşamasında çevresel bozulmaya yol açtığını, ancak belirli bir gelir düzeyinden sonra çevresel kalitenin iyileştiğini göstermesi bakımından literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Çevresel Sürdürülebilirlik, Yük Kapasitesi Hipotezi, G7 Ülkeleri.

Jel Kodları: Q56, O44, C23.

ABSTRACT

Examining the historical development of the relationship between humans and the physical environment provides a crucial foundation for understanding the origins of the concepts of sustainable development and green growth. This evolutionary process is typically divided into three distinct phases: a period of absolute environmental neglect, a period of tension between environmental protection and economic growth, and the current era of sustainable development. In the current phase, questions regarding the limits of economic growth and the environmental and social impacts of these limits have taken center stage. Consequently, the concept of “eco-development” has emerged, and has evolved into a framework that encompasses a conservation-oriented development approach based on the long-term optimization of biosphere resources, production systems prioritizing nature conservation, and appropriate technologies. Accordingly, discussions regarding the sustainability of economic growth—which can only be achieved by recognizing its interdependence with the natural environment—are gaining momentum, with the Environmental Kuznets Curve and the Load Capacity Curve Hypothesis occupying a significant place in the literature. In this context, the study examines the relationship between economic growth and environmental sustainability within the framework of sustainable development, through the lens of the Load Capacity Curve (LCC) Hypothesis. In this context, a panel data analysis is conducted using per capita GDP as a proxy for economic growth as a proxy for growth and the load capacity factor (LCF)—which incorporates both the ecological footprint and biocapacity as proxies for environmental sustainability—for the period 1961–2024 across G7 countries. The study initially applies cross-sectional dependence tests, and the findings indicate the presence of dependence among countries. Therefore, second-generation panel unit root tests are preferred in the analyses. The existence of a long-run relationship between the variables is examined using Pedroni and Westerlund cointegration tests, and the results of both tests reveal a strong cointegration relationship among the series. The results indicate that, the coefficient of the economic growth variable is negative, while the coefficient of the square of economic growth is positive and statistically significant. These results indicate the existence of a U-shaped relationship between economic growth and environmental sustainability in G7 countries and confirm the validity of the LCC hypothesis. The study contributes to the literature by demonstrating that economic growth leads to environmental degradation in its early stages but that environmental quality improves after a certain income level is reached.

Keywords: Sustainable Development, Environmental Sustainability, Load Capacity Curve Hypothesis, G7 Countries.

JELCodes: Q56, O44, C23.

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi'nden itibaren ekonomik büyümenin refah düzeyini artırmadaki etkisinin belirginleşmesiyle birlikte, iktisadi büyüme odaklı politikalar yaygın olarak benimsenmektedir. Bu süreçte söz konusu politikaların çevre üzerinde yıkıcı etkiler ortaya çıkardığı belirtilmektedir. Bu nedenle, iktisadi büyüme politikalarının sorgulanmaya başlandığı ve çevresel sorunların önlenmesine yönelik uluslararası çözüm arayışlarının gündeme geldiği görülmektedir. Bu girişimler arasında en önemli yaklaşımın sürdürülebilir kalkınma olduğu kabul edilmektedir. 1987 yılında Brundtland Komisyonu tarafından sürdürülebilir kalkınma, mevcut neslin ihtiyaçlarının karşılanması sürecinde gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama imkânlarının tehlikeye atılmaması şeklinde tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve çevresel boyutların birlikte ele alındığı ve bu alanlar arasında uzun vadeli bir dengenin sağlanmasının

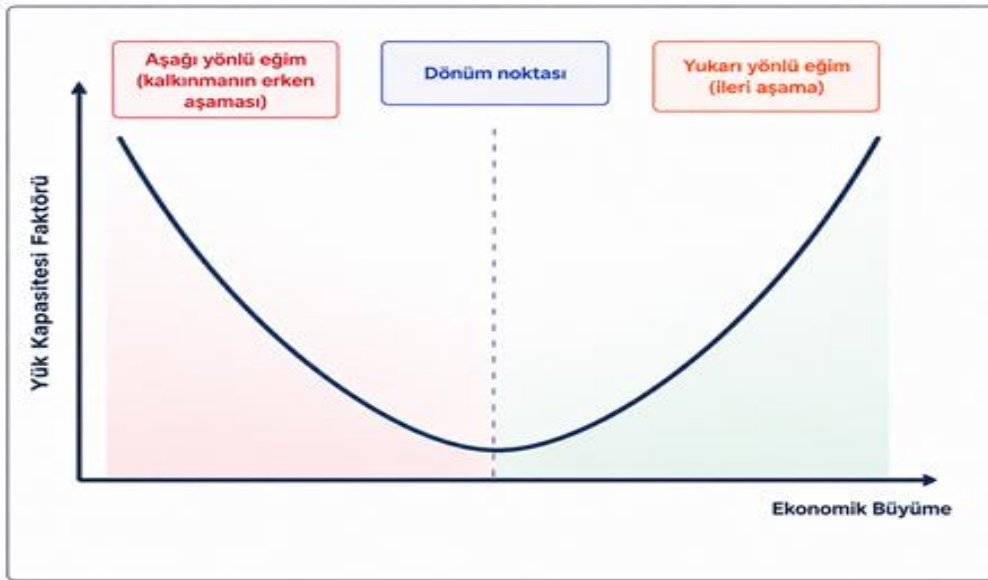
amaçlandığı bir olgu olarak tanımlanmaktadır (Aras vd., 2018:48). Bu kapsamda sürdürülebilirlik anlayışı, dünya kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle çevre kirliliğini ve ekosistemlerin yenilenme kapasitesini dikkate almaktadır (Messkoub, 2022:6). Bu anlayış, bilim insanları, politika yapımcılar ve uluslararası kuruluşlar açısından en önemli gündem konularından biridir. Bu doğrultuda, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için ülkeler tarafından iklim değişikliği, sera gazı emisyonları, özellikle karbon (CO₂) salımı ve fosil yakıt kullanımından kaynaklanan çevresel sorunlarla mücadele edilmesi gerekmektedir (Shahzadi vd., 2022:1090) Sürdürülebilir kalkınma, yalnızca çok boyutlu bir kavram olmakla kalmayıp aynı zamanda dinamik bir süreç niteliği taşımaktadır. Bu doğrultuda, çoğunlukla gayri safi yurtiçi hasıla ile ölçülen zenginlik, kalkınma ve başarı anlayışının sosyal ve çevresel boyutları da içerecek şekilde yeniden tanımlanması gerekmektedir. Bu çok boyutlu yapı, ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkinin daha yakından incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda literatürde öne çıkan yaklaşımlardan biri olan Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, ekonomik büyümenin farklı aşamalarında çevresel bozulmanın nasıl değiştiğini açıklamaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, Kuznets (1955)'e dayalı olarak uyarlanan Grossman ve Krueger (1991) tarafından geliştirilen yaklaşımın, çevre ekonomisi alanında önemli bir yer edindiği ve ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi açıklamada yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu bağlamda, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında üretim hacmindeki artışa bağlı olarak çevresel kalitenin bozulduğu ilerleyen aşamalarda ise üretim yapısındaki dönüşüm ve teknolojik gelişmeler sayesinde çevresel kalitenin iyileşmeye başladığı belirtilmektedir. Ayrıca teori, CO₂ ve ekolojik ayak izi (EF) gibi çevresel göstergeler ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Bu çerçevede, çevresel sürdürülebilirliğin ölçümünde ekolojik ayak izi göstergesi öne çıkmaktadır (WWF, 2012: 13). Rees (1992) çalışmasında, hava, su ve toprak kirliliğinin küresel hektar cinsinden ölçülmesini sağlayan ekolojik ayak izi kavramını ortaya koymaktadır. Daha sonra, (Wackernagel ve Rees,1996) tarafından bu kavramı kapsamlı bir şekilde ele alarak sürdürülebilir kalkınma ile ilişkisini açıklamakta ve hesaplama yöntemlerini ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Ancak EF'nin yalnızca doğal kaynaklara yönelik talebi ve çevresel tahribatı yansıttığı buna karşılık ekosistemin bu talebe verdiği tepkinin ve arz imkânlarının dikkate alınmadığı belirtilmektedir. Rees (1992)'ye göre ekolojik ayak izi, insan faaliyetlerinin doğa üzerindeki talep boyutunu gösterirken biyokapasite, doğanın bu talebi karşılama kapasitesini, yani arz tarafını temsil etmektedir. Bu nedenle biyokapasitenin göz ardı edilmesi, çevresel değerlendirmelerin eksik kalmasına yol açmaktadır (Pata ve Balsalobre-Lorente, 2022:13493; Pata ve Samour, 2023:48605). Daha sağlıklı bir sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapılabilmesi için, yenilenebilir biyokapasiteyi kapsayan daha kapsamlı bir göstergeye ihtiyaç duyulmaktadır (Altıntaş ve Kassouri, 2020:12). Siche vd., (2010:3189) tarafından, önerilen yük kapasitesi faktörü, çevresel değerlendirmede daha kapsamlı bir gösterge olarak öne çıkmakta olup, bir alanın, bölgenin ya da ülkenin mevcut yaşam tarzı çerçevesinde nüfusunu sürdürebilme kapasitesini göstermektedir. Bu gösterge, ekosistemin arz yönünü temsil eden biyokapasitenin, talep yönünü yansıtan ekolojik ayak izine oranlanmasıyla hesaplanan bir göstergedir ve bu değer 1'in üzerinde olması çevresel sürdürülebilirliğe işaret ederken, 1'in altına düşmesi çevresel bozulmayı göstermektedir (Uçar vd., 2025:4). Bu bağlamda, yük kapasitesi faktörü (LCF), ekosistemin arz yönünü temsil eden biyokapasitenin, talep yönünü yansıtan ekolojik ayak izine oranlanmasıyla elde edilen ve çevresel sürdürülebilirliği daha kapsamlı biçimde değerlendirmeye imkân tanıyan bir gösterge olarak tanımlanmaktadır (Siche vd., 2010:3189). Öte yandan, ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi açıklayan yaklaşımlardan biri olan Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC) Hipotezi, ekonomik büyümenin belirli bir seviyeye kadar çevresel kaliteyi iyileştirdiğini, ancak bu eşiğin aşılmasıyla birlikte büyümenin çevresel kalite üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Bu

durum, ekonomik büyüme ile LCF arasında doğrusal olmayan, U şeklinde bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Pata ve Tanrıöver, 2023:3).

Grafik 1.1’de sunulan LCC hipotezi, çevresel kaliteyi değerlendirirken hem talep yönünü temsil eden ekolojik ayak izi hem de arz yönünü ifade eden biyokapasiteyi birlikte ele alarak daha kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. LCC hipotezi, gelir artışının hem biyokapasiteyi hem de ekolojik ayak izini eş zamanlı olarak etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşıma göre, ekonomik kalkınmanın başlangıç aşamalarında fosil yakıt kullanımı ve çevresel kaygıların göz ardı edilmesi nedeniyle insan faaliyetleri çevresel kalite üzerinde ciddi bozulmalara yol açmaktadır (Pata ve Kartal, 2023:590). Bununla birlikte, belirli bir gelir düzeyine ulaşıldığında ülkelerin ekolojik ayak izini azaltma ve biyokapasitelerini artırma imkânına sahip olmaktadır. Bu yönüyle LCC hipotezi, çevresel bozulma ile çevresel kaliteyi birlikte değerlendirmeye olanak tanımaktadır (Doğan ve Pata, 2022:2). Literatürde LCC hipotezinin, Environmental Kuznets Curve (EKC) hipotezinin aksine, yük kapasitesi faktörü ile ekonomik büyüme arasında U şeklinde bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Buna göre, kalkınmanın erken aşamalarında ekonomik büyüme önceliklendirildiğinden ekolojik ayak izi artmakta, buna karşılık biyokapasite azalmaktadır. Bu süreçte çevresel kalitenin bozulmasına bağlı olarak LCF düşüş göstermektedir. Ancak belirli bir gelir düzeyine ulaşıldıktan sonra çevresel farkındalığın artmasıyla birlikte ekolojik ayak izi azalmakta ve biyokapasite iyileşmektedir. Bu gelişmeler, çevresel kaliteyi olumlu yönde etkileyerek LCF’nin yeniden artmasına yol açmaktadır (Aslan, 2025:497)

Şekil 1.1. LCC Eğrisi

Grafik 1.1. LCC Eğrisi



Kaynak: Dinçer ve Akın, 2025, s. 945; Doğan ve Pata, 2022, s. 2

LCC hipotezinin öngördüğü büyüme-çevre ilişkisi, özellikle sanayileşmiş ve yüksek gelirli ülkelerde daha belirgin hale geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışmada G7 ülkeleri uygun bir örneklem olarak tercih edilmektedir. G7, küresel ekonomik konular ve enerji politikaları gibi meseleleri ele almak üzere düzenli olarak bir araya gelen ABD, Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve Birleşik Krallık’tan oluşan bir grup olarak tanımlanmaktadır. Bu yapının kökeninin ise 1973 yılında gerçekleştirilen ve başlangıçta “G5” olarak adlandırılan toplantılara dayanmaktadır (US Department of State, 1997:1). G7 ülkeleri grubunun, 1973 petrol krizinden sonra o dönemin en gelişmiş yedi ülkesi tarafından oluşturulmaktadır. 2018 yılı verilerine göre dünya GSYİH’sının %46’sını üretmekte olduğu, dünya zenginliğinin %58’ini ellerinde bulundurmakta olduğu ve 20 milyon kilometrekare ile

dünya topraklarının %15'ini oluşturmaktadır. Birinci dünya ülkeleri olarak adlandırılan ve ilk sanayileşen ülkelerden oluşan G7 grubu, günümüzde de etkinliğini sürdürmektedir. Daha fazla büyüme, daha fazla ticaret ve daha fazla enerji tüketiminin ekonomik kalkınma için olumlu ve gerekli olmaktadır. Ancak diğer taraftan tüm bunların çevreye ve gelecek nesillere bir maliyet yüklemekte olduğu vurgulanmaktadır. Ekonomideki üretkenlik artışı toplumsal değişim ve endüstriyel gelişme açısından yatırımların artırılması ve ekonomilerin dijitalleştirilmesi sayesinde G7 ülkelerinin, üretim verimliliği, toplumsal dönüşüm ve endüstriyel gelişmeler açısından ekonomilerini daha da güçlendirmektedir (Yuan vd., 2021:2). G7 ülkelerinin sürdürülebilir gelişme konusundaki faaliyetlerinin, küresel ekonomi, standart sürdürülebilirlik politikaları ve diğer ülkelerin sürdürülebilir gelişme stratejileri üzerinde etkili olabileceği dikkate alındığında, bu ülkelere göre sürdürülebilir gelişme bileşenlerinin önemlilik derecelerinin ve sürdürülebilir gelişme performanslarının analiz edilmesinin önemli olduğu görülmektedir (Altıntaş, 2022:274). Ülkelerin bugünkü gereksinimlerini karşılama uğruna nelerden taviz vermekte olduklarının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Biyokapasitenin üzerindeki çevresel maliyetlerin yalnızca ilgili ülkeleri değil, tüm insanlığı etkilemektedir (Gülmez, vd., 2021:331). Dünya üretiminin yaklaşık yarısını gerçekleştirmekte olan G7 ülkelerinin bu süreçte çevreye yüklemekte oldukları maliyetin ekolojik ayak izi üzerinden açıklanmaktadır (Gülmez, vd., 2021:331). G7'nin birden fazla ülkeden oluşması nedeniyle doğrudan yasa çıkarma yetkisi bulunmasa da, küresel ölçekte önemli bir etki yaratmaktadır. Gelişmekte olan ülkelere mali yardım sağlanması ve iklim değişikliğiyle mücadele konularında da aktif bir rol üstlenmektedirler (BBC, 2022).

G7 ülkeleri, ilk sanayileşen ve günümüzde küresel ekonomi ile çevresel süreçler üzerinde belirleyici etkiye sahip olmaları nedeniyle çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Yüksek üretim, ticaret ve enerji tüketimi ekonomik büyümeyi desteklerken aynı zamanda önemli çevresel maliyetler doğurmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, G7 ülkelerinde Yük Kapasitesi Eğrisi hipotezinin geçerliliğini, Westerlund yöntemine dayalı panel eşbütünleşme perspektifi çerçevesinde incelemektir. Çalışmada literatür incelemesinin ardından panel veri analizi kapsamında yatay kesit bağımlılığı, birim kök ve eğim homojenliği testleri uygulanmakta devamında eşbütünleşme testleri ile uzun dönem ilişkiler incelenmekte ve FMOLS ile DOLS yöntemleriyle katsayılar tahmin edilerek bulgular değerlendirilmektedir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Literatür incelemesi kapsamında ele alınan çalışmalar, kullanılan yöntemler, ülke grupları ve temel bulgular açısından özetlenerek Tablo 2.1'de sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Literatür İncelemesi

Çalışma	Dönem	Yöntem	Ülke/Bölge	Değişkenler	Bulgular
Pata ve Işık (2021)	1981-2016	ARDL	Çin	LCF, Gelir, Enerji Yoğunluğu ve Kaynak Kirası	LCC Hipotezi Geçersiz
Alola vd. (2021)	1971-2017	QQR	Çin	ECF, GDP, FF, PE, ve RE	LCC Hipotezi Geçersiz
Abdulmagid vd. (2022)	1970-2018	Kantil Regresyon Yaklaşımı	Güney Kore	LCF, Büyüme, Yapısal Değişim, Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji, Küreselleşme	LCC Hipotezi Geçersiz
Afshan ve Yagoob (2023)	2000-2018	MMQR	Brezilya, Çin, Türkiye,	LCF, CO2 Emisyonları, Yeşil İnovasyon, Çevre	LCC Hipotezi Geçerli

			Meksika, Hindistan	Vergileri, Ekonomik Büyüme	
Dam ve Sarkodie (2023)	1965-2018	ARDL Sınır Testi	Türkiye	LCF, Reel Gelir, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ticari Açıklık	LCC Hipotezi Geçerli
Çağlar vd. (2023)	1990-2018	Westerlund (2007) Westerlund ve Engerton (2007-2008) Eşbütünlük testi CUP-FM CUP-BC	BRICS	LCF, Rekabetçi Endüstriyel Performans, GDP, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Kentleşme	LCC Hipotezi Geçerli
Akhayere vd. (2023)	1965-2018	QQR	Türkiye	LCF, Enerji Kullanımı, Ticari Açıklık ve Finansal Gelişme	LCC Hipotezi Geçersiz
Ahlat ve Yurtkurtaran (2024)	1980-2018	FMOLS ve CCR	Türkiye	LCF, EG, REC,ESR	LCC Hipotezi Geçerli
Wu vd. (2024)	1996-2019	FMOLS ve DOLS	Panel Kantil Regresyon Yöntemi	LCF, EGR, ECP, TO, RENEW	LCC Hipotezi Geçerli
Wang vd. (2024)	1990-2018	Drisscoll-Kraay Regresyon Yöntemi	BRICS	Nükleer ve Yenilenebilir Enerji	LCC Hipotezi Geçerli
Shahzadi vd. (2024)	2000-2020	Panel Kantil Regresyon Yöntemi	Dünyadaki En Fazla Turizmin Yaşandığı Ülkeler	LCF, GDP, GDP ² , GEC, TRA	LCC Hipotezi Geçersiz
Feng vd. (2024)	1996-2019	Panel Kantil Regresyon Yöntemi	E-7	LCF, Ekonomik Politika Belirsizliği, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Teknolojik Yenilik	LCC Hipotezi Geçerli
Jin vd. (2024)	1974-2018	Geliştirilmiş ARDL	Almanya	LCF, ECG, RER, NER, EER, FIG, POD	LCC Hipotezi Geçerli
Aslan (2025)	1982-2022	ARDL	Türkiye	LCF, EF, CO2, FEV, YEK, EB, EBK	LCC Hipotezi Geçerli
Diñer ve Akın (2025)	1961-2022	Westerlund ECM Panel Eşbütünlük testi, DOLSM G	15-AB ülkesi	LCF, GDP, GDP ² , Kentleşme	LCC Hipotezi Geçerli
Göksu (2025)	1974-2022	ARDL ve Toda-Yamamoto	Türkiye	LCF GDP CPI LPI FOS	LCC Hipotezi Geçerli

		Nedensellik Testi			
Khan vd. (2025)	1990-2020	FMOLS ve DOLS	G8	LCF, EG, EG ² , ATEC, REC, URB	LCC Hipotezi Geçerli
Gökçeli vd. (2025)	1992-2018	ARDL	Türkiye	LCF, PFDI, MFDI, SFDI, REC, UR, GDP	LCC Hipotezi Geçerli
Baykut (2026)	1990-2021	A-ARDL	Türkiye	LCF, FMI, RENW, GDP, AFF, NATRES	LCC Hipotezi Geçerli

Kaynak: Çalışmalar yazarlar tarafından incelenerek tablo oluşturulmuştur.

3. G7 ÜLKELERİNDE LCC HİPOTEZİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

İlk sanayileşen ülkeleri oluşturmakta olan G7 grubunun günümüzde de etkinliğini devam ettirmektedir. Daha fazla büyüme, ticaret ve enerji tüketiminin ekonomik kalkınma açısından olumlu olmaktadır. Ancak diğer taraftan tüm bu unsurların çevreye ve gelecek nesillere bir maliyet yüklemekte olduğu bilinmektedir. Çalışmada incelenen dönem, biyokapasite ve ekolojik ayak izi verilerinin elde edildiği Global Footprint Network veri tabanında yalnızca 1961–2024 yıllarına ait gözlemlerin bulunması nedeniyle sınırlanmaktadır. Analiz kapsamında ise ekonomik büyümeyi temsil etmek amacıyla kişi başına düşen gelir ile bu değişkenin karesi kullanılarak panel veri yöntemi uygulanmaktadır.

3.1. Veri Seti ve Kaynaklar

Çalışmanın analizinde kullanılan verilere Global Footprint Network ve Dünya Bankası veri tabanlarından erişilmektedir. Araştırmada yer alan değişkenlere ilişkin veri ve kaynaklar ise Tablo 3.1’de sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Veri Seti ve Kaynaklar

Değişken Kodu	Değişken	Ölçü Birimi	Kaynak
Bağımlı Değişken			
LCF	Yük kapasite Faktörü	Kişi Başına Biyokapasite (Küresel Hektar)/Kişi Başına Ekolojik Ayak İzi (Küresel Hektar)	Global Footprint Network (2026)
Bağımsız Değişkenler			
GSYİH	Gayrisâfi Yurtiçi Hâsıla (Kişi başına, sabit 2015 ABD \$)	Kişi Başına Reel GSYİH	World Bank (2026)
GSYİH ²	Gayrisâfi Yurtiçi Hâsılanın Karesi (Kişi başına, sabit 2015 ABD \$)	Kişi Başına Reel GSYİH Karesi	World Bank (2026)

3.2. Araştırmanın Modeli

Modelde bağımlı değişken olarak yük kapasitesi faktörü (lnLCF) tercih edilmektedir. Bu değişken, biyokapasitenin ekolojik ayak izine oranlanmasıyla elde edilmekte olup çevresel kaliteyi temsil eden bir gösterge olarak modele dahil edilmektedir (Göksu, 2025:1050). Çalışmada, G7 ekonomilerinde ekonomik büyümenin etkisinin analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

ve bu doğrultuda bir panel veri modeli kurulmaktadır. Değişkenler arasındaki ölçek farklılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla tüm veriler logaritmik forma dönüştürülerek analize dahil edilmektedir. Ayrıca model, teorik ve ampirik literatürden yararlanılarak oluşturulmaktadır (Ayyıldız ve Erdal, 2021:601).

$$\ln LCF_p = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GSYİHp + \alpha_2 \ln GSYİHp^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklem (1)'de yer alan ekonometrik formun aşağıda açıklamaları verilmektedir:

- $\ln LCF_p$: Kişi başı yük kapasitesi faktörünün logaritmik formu,
- $\ln GSYİHp$: Kişi başına düşen reel gayri safi yurt içi hasılanın logaritmik formu,
- $\ln GSYİHp^2$: Gelir seviyesinin karesinin logaritmik formu,
- ε_t : Hata terimini göstermektedir.

LCC hipotezinin geçerliliğinin sağlanabilmesi için modelde yer alan katsayıların belirli koşulları karşılaması gerekmektedir.

$\alpha_1 < 0$ ve $\alpha_2 > 0$ olmalıdır (Pata vd., 2023:4).

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Çalışmada kullanılan tüm serilerin, seriler arasındaki ölçek farklılıklarını azaltmak ve esneklik hesaplamalarını daha sağlıklı gerçekleştirmek amacıyla logaritmik dönüşümleri yapılmaktadır. Ayrıca, 1961-2024 döneminde seçilmiş G7 ülkeleri için LCC hipotezinin panel veri analizi yöntemiyle test edildiği belirtilmektedir. Bu kapsamda, bağımlı değişken olarak LCF kullanılırken, bağımsız değişkenler olarak ekonomik büyüme ve ekonomik büyümenin karesi ele alınmaktadır. Bununla birlikte, analiz sürecinin yatay kesit bağımlılık testi, birim kök testi, eğim homojenliği testi, eşbütünleşme testi ve uzun dönem tahminciden oluşan aşamalar şeklinde kurgulanmaktadır.

3.3.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Panel veri analizlerinde ekonometrik modellemenin geçerliliğini etkileyen temel sorunlardan biri olan yatay kesit bağımlılığı, panelde yer alan kesit birimleri arasında aynı dönem içinde ortaya çıkan karşılıklı etkileşimi ifade etmektedir. Bu durum, birimler arası bağımsızlık varsayımının ihlal edilmesine yol açmakta ve özellikle makroekonomik panellerde ortak şoklar nedeniyle sıklıkla gözlemlenmektedir. Bu bağımlılığın varlığını belirlemek amacıyla literatürde Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testi ile Pesaran (2004) tarafından önerilen CD ve CD_{lm} testleri ve Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen LM_{adj} testi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Söz konusu testlere ilişkin formüller aşağıda sunulmaktadır (Dinçer ve Akın, 2025:949):

$$LM(BP, 1980) = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{P}_{ij}^2 \rightarrow X^2 \frac{N(N-1)}{2} \quad (2)$$

$$CD_{lm}(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{1}{N(N-1)}\right)} T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{P}_{ij}^2 - 1) N(0,1) \quad (3)$$

$$CD(Pesaran, 2004) = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right)} \sum_{i=1}^{N-1} T \sum_{j=i+1}^N (\hat{P}_{ij}^2) N(0,1) \quad (4)$$

$$LM_{adj}(PUY, 2008) = \left(\frac{2}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} T \sum_{j=i+1}^N \left[\hat{P}_{ij}^2 \left(\frac{T-K-\hat{P}_{ij}-\hat{\mu}_{tij}}{v_{Tij}} \right) \right] \rightarrow N(0,1) \quad (5)$$

Verilen yatay kesit bağımlılık testlerinin hipotezleri ise şu şekildedir;

H_0 = Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 = Yatay kesit bağımlılığı vardır.

3.3.2. Birim Kök Testi

Panel verilerde yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliğin bulunması durumunda, değişkenlerin durağanlığını test etmede birinci nesil birim kök testlerinin yetersiz kaldığı ifade edilmektedir. Bu durumu göz önünde bulunduran Pesaran (2007), standart Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) regresyonlarını serilerin kesit ortalamalarıyla genişleten ve Kesitsel Genişletilmiş ADF (CADF) istatistiklerine dayanan Kesitsel Genişletilmiş IPS (CIPS) testini önermektedir. Söz konusu ikinci nesil testin, belirtilen problemlerin varlığı halinde daha güvenilir sonuçlar sağladığı belirtilmektedir. Testin formülasyonunun ise aşağıda sunulmaktadır (Dinçer ve Akın, 2025:950).

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (6)$$

Verilen birim kök testinin hipotezleri aşağıda yer almaktadır;

H₀: Birim kök vardır.

H₁: Birim kök yoktur.

3.3.3. Eğim Homojenliği Testi

Sabit ve eğim parametrelerinin homojen ya da heterojen olma durumuna bağlı olarak uygun eşbütünlüşme testleri seçilmektedir. Bu doğrultuda, söz konusu özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla homojenite testleri geliştirilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2017:246). $\tilde{\Delta}$ istatistiği büyük örneklem için homojenliği sınamak amacıyla $\tilde{\Delta}_{adj}$ ilgili istatistiği ise küçük örneklem için homojenliğin varlığını sınamak amacıyla kullanılmaktadır (Küçükaksoy ve Akalın, 2017:27). Homojenite test sonuçları tablo 4.3'te verilmektedir. Panel veri analizinin ikinci aşamasında, eğim katsayılarının birimler arasında homojen olup olmadığının test edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy (1970) tarafından geliştirilen Delta ($\tilde{\Delta}$ ve $\tilde{\Delta}_{adj}$) testlerini genişleterek, katsayıların birimler arasında sistematik farklılık gösterip göstermediğinin incelenmesine imkân sağlamaktadır. Söz konusu testlere ilişkin formüllerin ise aşağıda sunulmaktadır (Dinçer ve Akın, 2025:950).

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}S - k}{\sqrt{2k}} \quad (7)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{var(t,k)} \quad (8)$$

Verilen homojenite testlerinin hipotezleri;

H₀: Eğim katsayıları homojendir.

H₁: Eğim katsayıları heterojendir

3.3.4. Pedroni Eşbütünlüşme Testi

Seriler durağan hale getirildikten sonra, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını incelemek amacıyla çalışmada Pedroni eşbütünlüşme analizini kullanılmaktadır. Peter Pedroni tarafından 1997, 1999, 2000 ve 2004 yıllarında geliştirilen bu yaklaşımın, eşbütünlüşme analizlerinde eşbütünlüşme vektöründeki heterojenliğe izin veren bir test yapısı sunmaktadır (Asteriou ve Hall, 2007:373). Bu testin, yalnızca dinamik ve sabit etkilerin panelin kesitleri arasında farklılaşmasına izin vermekle kalmayıp, aynı zamanda alternatif hipotez altında eşbütünlüşme vektörünün de kesitler arasında farklı olmasına olanak tanımaktadır (Güvenek ve Alptekin, 2010:181). McCoskey ve Kao yaklaşımlarından kesit varsayımı, trend

yapısı ve eşbütünleşmenin olmadığı yönündeki sıfır hipotezleri bakımından ayrışan Pedroni yaklaşımında, Pedroni testlerinin bazı üstün yönlere sahip olmaktadır. Bu testlerin, birden fazla açıklayıcı değişkene (regresör) izin vermesi, eşbütünleşme vektörünün panelin farklı kesitleri boyunca değişebilmesine olanak tanınması ve hata terimlerinde kesitler arası heterojenliği dikkate alınabilmesi önemli avantajlar arasında gösterilmektedir. Ayrıca, paneldeki kesit içi (within) ve kesitler arası (between) etkileri birlikte değerlendirebilmek amacıyla yedi farklı eşbütünleşme testi önerildiği ve bu testlerin iki ana kategori altında toplandığı belirtilmektedir. Buna göre ilk kategorinin “within” boyutunda havuzlanmış dört testi, ikinci kategorinin ise “between” boyutunda yer alan üç testi içermektedir (Asteriou ve Hall, 2007:374). Birinci kategori içerisinde yer alan dört testten ilk üçünün parametrik olmayan nitelikte olmaktadır. Bu kapsamda, ilk testin varyans oranı türünde bir istatistik olduğu, ikinci testin Phillips–Perron (PP) (rho) istatistiğine, üçüncü testin ise PP (t) istatistiğine benzerlik gösterdiği belirtilmektedir. Dördüncü testin ise Augmented Dickey–Fuller (ADF) (t) istatistiğine benzer parametrik bir test olmaktadır. İkinci kategoride yer alan üç testten ilkinin PP (rho) istatistiğine benzer özellikler taşıdığı, diğer iki testin ise PP (t) ve ADF (t) istatistiklerine benzerlik göstermektedir (Güvenek ve Alptekin, 2010: 181). Ekonomik büyüme ve LCC değişkenlerinin I(1) seviyesinde durağan olduklarının belirlenmesi üzerine, analizin ikinci aşaması olan eşbütünleşme testine geçilmektedir. Bu kapsamda, söz konusu seriler arasındaki uzun dönemli ilişkinin Peter Pedroni tarafından geliştirilen eşbütünleşme testi ile incelenmektedir.

3.3.5. Westerlund Testi

Birinci farkında durağan hale gelen seriler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı, eşbütünleşme testleri aracılığıyla belirlenmektedir. G7 ekonomilerinin ele alındığı bu çalışmada, birinci farkında durağan olan GSYİH ile LCC değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişkinin “Westerlund Eşbütünleşme Testi” ile incelendiği ve elde edilen bulguların Tablo 4.5’te sunulmaktadır. Panel verilere uygulanan ve görece yeni yöntemlerden biri olan, Jonas Persyn ve Joakim Westerlund (2008) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testinin, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığını sınamak amacıyla belirli bir regresyon denklemi çerçevesinde tanımlanmaktadır.

$$\Delta Y_{it} = \delta'_i + \mu'_i \Delta X_{it} + \gamma_i Y_{it-1} + \phi_i X_{it-1} + e_{it} \quad (9)$$

Denklemden yer alan δ'_i ’nin, sabit ve trend bileşenlerini temsil eden bir vektördür, μ'_i uzun dönem, γ_i ve ϕ_i kısa dönem parametreleridir. Westerlund eşbütünleşme testi için sıfır ve alternatif hipotezleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$H_0: \rho_i = 0 \text{ (tüm } i \text{’ler için)}$$

$$H_1: \rho_i < 0 \text{ (tüm } i \text{’ler için)}$$

Daha sonra bu hipotezleri test etmek için P_a ve P_t istatistikleri, Eşitlik 9’un hesaplanması ile bulunmaktadır:

$$P_a \text{ istatistiği } P_a = (\sum_{i=1}^N L_{i11})^{-1} \sum_{i=1}^N L_{i12} \quad (10)$$

$$P_t \text{ istatistiği } P_t = \hat{\sigma}^{-1} (\sum_{i=1}^N L_{i11})^{-1/2} \sum_{i=1}^N L_{i12} \quad (11)$$

Diğer taraftan, Westerlund eşbütünleşme testinde grup ortalama istatistikleri olan G_a ve G_t ’nin hesaplanmasında, her bir yatay kesit birimi için tahmin edilen ρ_i katsayıları ile bu katsayıların t oranlarının ağırlıklı ortalamasının dikkate alınmaktadır.

$$G_a = \sum_{i=1}^N L_{i11}^2 L_{i12} \quad (12)$$

$$G_t = \sum_{i=1}^N \bar{\sigma}_i L_{i11}^{-1/2} L_{i12} \quad (13)$$

Grup ortalama istatistikleri için sıfır ve alternatif hipotezleri ise aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$H_0: Y_i = 0 \text{ (tüm } i \text{'ler için)}$$

$$H_1: Y_i < 0 \text{ (tüm } i \text{'ler için)}$$

Elde edilen bulgular doğrultusunda H_0 hipotezinin reddedilmesi, panel genelinde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Test istatistiklerinin değerlendirilmesinde ise homojenlik ve heterojenlik varsayımlarına bağlı olarak iki farklı yaklaşımın benimsenmektedir. Homojenlik varsayımı altında değerlendirmelerin, tüm yatay kesit birimlerini kapsayan Pa ve Pt panel test istatistikleri üzerinden yapıldığı belirtilmektedir. Buna karşılık, heterojenlik varsayımının geçerli olduğu durumlarda ise sonuçların Gt ve Ga grup test istatistikleri kullanılarak yorumlanmaktadır (Aytun ve Akın, 2014:80).

3.3.6. FMOLS ve DOLS ile Eşbütünleşme Katsayıları Bulguları ve Değerlendirilmesi

Birim kök ve eşbütünleşme testlerinin uygulanmasının ardından, değişkenler arasındaki ilişkinin uzun dönemli ve sapmasız katsayılarını tahmin edebilmek amacıyla, tahmin edicilerin beklenen özellikler çerçevesinde tutarlılığını sınamak üzere Peter Pedroni (2000, 2001) tarafından geliştirilen DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares) ve FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden FMOLS yönteminin, standart sabit etkili tahmincilerde karşılaşılan otokorelasyon ve değişen varyans gibi sorunlardan kaynaklanan sapmaları düzeltmektedir. Buna karşılık DOLS yönteminin ise modele dinamik unsurları dâhil ederek, özellikle içsellik problemlerinden kaynaklanan sapmaları da giderebilme özelliğine sahip olduğu belirtilmektedir (Kök vd., 2010:8). Pedroni tarafından geliştirilen ve bireysel kesitler arasında önemli ölçüde heterojenliğe izin veren FMOLS yönteminin, sabit terimi ile hata terimi ve bağımsız değişkenlerin farkları arasındaki olası korelasyonu dikkate alınmaktadır. Ayrıca Pedroni (2000) çalışmasında, FMOLS yönteminin küçük örneklerdeki performansını da incelediği ve t istatistiğinin küçük örneklerdeki gücünün Monte Carlo simülasyonları aracılığıyla oldukça iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (Kök ve Şimşek, 2006:7-8).

Pedroni (2000) tarafından geliştirilen grup ortalama panel FMOLS yöntemi aşağıdaki panel regresyon modeline dayanmaktadır (Nazlıoğlu, 2010:98. akt. Gülmez, 2015:24);

$$y_{it} = a_i + \beta x_{it} + \mu_{it} \quad (14)$$

$$x_{it} = x_{it-1} + e_{it} \quad (15)$$

Bu denklemde y_{it} 'nin bağımlı değişkeni, x_{it} 'nin bağımsız değişkenleri ve a_i 'nin sabit etkileri temsil etmektedir. Ayrıca modelde, paneli oluşturan kesitler arasında bağımlılığın bulunmadığı varsayımının benimsendiği belirtilmektedir. Eşitlik (14)'te hata terimlerinin durağan bir süreç izlediği kabul edildiğinden, y_{it} 'nin birinci dereceden bütünleşik olması durumunda y_{it} ile x_{it} arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi var olmaktadır. Bu çerçevede β 'nin, tahmin edilmesi gereken uzun dönem eşbütünleşme vektörünü gösterdiği belirtilmektedir. Panel FMOLS tahmincisinde panel geneline ait eşbütünleşme vektörünün elde edilmesi sürecinde ilk olarak, Eşitlik (14)'te yer alan modelin her bir yatay kesit için Peter Pedroni (2000) tarafından önerilen FMOLS tahmincisi kullanılarak ayrı ayrı tahmin edilmektedir. Bu aşamada, her bir yatay kesit için uzun dönem varyans-kovaryans matrisinin elde edilmesinde, değişen varyans problemi altında tutarlı sonuçlar sağlayan Newey–West tahmincisinin kullanılmasının önerildiği belirtilmektedir. İkinci aşamada ise, her bir yatay kesit için elde edilen FMOLS eşbütünleşme katsayılarının ortalamasının alındığı ve bu sayede panel geneline ait eşbütünleşme vektörü hesaplanmaktadır (Nazlıoğlu, 2010:98-99).

akt. Gülmez, 2015:24). Pedroni (2001) tarafından önerilen grup ortalama panel DOLS tahmincisinin, aşağıda verilen regresyon modelinin tahmin edilmesini gerektirmektedir (Nazlıoğlu, 2010:99. akt. Gülmez, 2015:24);

$$y_{it} = a_i + \beta_{xit} + \sum_{k=-K_i}^{K_i} Y_{ik} \Delta x_{it} + \mu_{it} \quad (16)$$

Bu regresyon modelinde $-K_i$ ve K_i terimlerinin, öncül ve gecikme uzunluklarını göstermektedir. Modelde, paneli oluşturan yatay kesitler arasında bağımlılık bulunmadığı varsayımının benimsenmektedir. Panel eşbütünleşme vektörünün elde edilmesi sürecinde, ilk aşamada Eşitlik (15)'te yer alan modelin her bir yatay kesit için ayrı ayrı tahmin edilmektedir.

Bu aşamada, panel FMOLS tahmincisinde olduğu gibi panel DOLS tahmincisinde de Newey–West yöntemi kullanılmaktadır. İkinci aşamada ise her bir yatay kesite ait DOLS tahminlerinden elde edilen eşbütünleşme katsayılarının aritmetik ortalamasının alındığı ve bu şekilde panel geneline ait eşbütünleşme katsayısı hesaplanmaktadır (Nazlıoğlu, 2010:99. akt. Gülmez, 2015:24);

$$\hat{\beta}_{GD}^* = N^{-1} \sum_{i=1}^N \beta^* D, i \quad (17)$$

Burada $\hat{\beta}_{GD}^*$ 'nin, her bir yatay kesit için DOLS tahmininden elde edilen eşbütünleşme katsayısını temsil etmektedir. Ayrıca grup ortalama panel DOLS tahmincilerine ait t-istatistiklerinin de aşağıdaki şekilde hesaplandığı belirtilmektedir (Nazlıoğlu, 2010:99. akt. Gülmez, 2015:25);

$$t_{\hat{\beta}_D^*} = N^{-1/2} \sum_{i=1}^N t_{\hat{\beta}_{D-i}^*} \quad (18)$$

Burada $t_{\hat{\beta}_{D-i}^*}$ her bir yatay kesit için DOLS tahmininden elde edilen eşbütünleşme katsayısına ait t-istatistiğini belirtmektedir (Nazlıoğlu, 2010:99. akt. Gülmez, 2015:25).

4. BULGULAR

Bu bölümde, G7 ülkelerinde LCC hipotezinin test edilmesi kapsamında elde edilen bulgulara yer verilmektedir.

G7 ülkelerinde hata terimleri arasında yatay kesit bağımlılığının bulunduğu tespit edilmektedir. Tablo 4.1'de yer alan bulgulara göre, LM , LM_{CD} ve LM_{adj} testlerinin sonuçları, yatay kesit bağımlılığının varlığını göstermektedir.

Tablo 4.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri

Test Adı	Test İstatistiği	p-değeri	Sonuç
Breusch-Pagan (LM)	1177	0,0000	H_0 Reddedildi (Bağımlılık Var)
Pesaran CD (LM_{CD})	16,27	0,0000	H_0 Reddedildi (Bağımlılık Var)
Bias-Adjusted LM (LM_{adj})	787,2	0,0000	H_0 Reddedildi (Bağımlılık Var)

Serilerin durağanlık özelliklerinin incelenmesinde elde edilen bulgular, serilerin durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.2. Birim Kök Testleri

Değişken	Pesaran <i>CADF</i>	<i>CIPS</i> Testi	Durağanlık
lnlcfp	-6,011	-6,190	Durağan
lngsyihp	-5,011	-5,661	Durağan
lngsyihp2	-4,952	-5,640	Durağan

Tablo 4.3'te yer alan bulgulara göre, ekonometrik modelde kullanılan değişkenlerin heterojen bir yapıya sahip olmaktadır. Tahmin edilen olasılık değerinin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bu nedenle boş hipotezin reddedildiği belirtilmektedir.

Tablo 4.3. Eğim Homojenliği Testi

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
$\tilde{\Delta}$	9,926	0,000
$\tilde{\Delta}_{adj}$	10,251	0,000

Pedroni eşbütünleşme testi sonuçlarına göre, boş hipotez (H_0 = Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur) reddedilmiştir. 7 test istatistiğinden 6 tanesi % 1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Panel test istatistiklerinden elde edilen 6 anlamlı sonuç seriler arasında güçlü bir ilişki olduğunun işaretidir. Pedroni panel eşbütünleşme testi sonuçlarına göre panel rho (-6.403), panel PP (-7.416), panel ADF (-6.703) ile group rho (-13.21), group PP (-13.10) ve group ADF (-11.74) istatistikleri %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu bulgular doğrultusunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 4.4. Pedroni Panel Eşbütünleşme Testi

(Within-Dimension)		
Test İstatistiği	t-istatistiği	Olasılık (p)
Panel v-Statistic	0,460	0,322
Panel rho-Statistic	-6,403***	0,000
Panel PP-Statistic	-7,416***	0,000
Panel ADF-Statistic	-6,703***	0,000
(Between-Dimension)		
Group rho-Statistic	-13,210***	0,000
Group PP-Statistic	-13,100***	0,000
Group ADF-Statistic	-11,740***	0,000

Westerlund ECM panel eşbütünleşme testi sonuçları incelendiğinde Gt (-5.115), Ga (-37.655), Pt (-13.869) ve Pa (-39.451) test istatistiklerinin tamamının istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve p-değerlerinin 0.01'den küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda eşbütünleşmenin olmadığı yönündeki sıfır hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla panel veri setinde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu bulgular, ekonomik büyüme ve büyümenin karesi ile yük kapasitesi arasında uzun dönemli denge ilişkisinin varlığını desteklemektedir.

Tablo 4.5. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi

Test İstatistiği	Değer	Z-istatistiği	Olasılık (p)
Gt	-5,115	-9,426	0,000
Ga	-37,655	-15,401	0,000
Pt	-13,869	-8,572	0,000
Pa	-39,451	-19,947	0,000

DOLS sonuçları: lngsyihp katsayısı negatif (-9.20), lngsyihp² katsayısı pozitif (0.46) ve her ikisi de istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum ekonomik büyümenin başlangıçta yük kapasitesi faktörünü azalttığını, ancak gelir seviyesi arttıkça yük kapasitesi faktörünün iyileştiğini göstermektedir. FMOLS sonuçları: lngsyihp katsayısı negatif (-10.78), lngsyihp² katsayısı pozitif (0.53) ve her iki değişken de istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç da aynı şekilde ekonomik büyüme ile LCC arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu göstermektedir. FMOLS ve DOLS tahmin sonuçlarının her ikisinde de ekonomik büyüme değişkeninin katsayısının negatif, büyümenin karesinin katsayısının ise pozitif olması, değişkenler arasında U şeklinde bir ilişki bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 4.6. FMOLS ve DOLS Testleri

	FMOLS Tahmini		
	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık
Kişi başına GSYİH (lngsyihp)	-10,78	-7,11	0,000
Kişi başına GSYİH karesi (lngsyihp ²)	0,53	7,07	0,000
DOLS Tahmini			
Kişi başına GSYİH (lngsyihp)	-9,20	-5,68	0,000
Kişi başına GSYİH karesi (lngsyihp ²)	0,46	5,77	0,000

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, G7 ülkelerinde ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki, yük kapasitesi eğrisi hipotezi çerçevesinde panel veri analizi kullanılarak incelenmektedir. Çevresel sürdürülebilirliğin ölçümünde, ekolojik ayak izi ve biyokapasiteyi birlikte dikkate alan yük kapasitesi faktörü esas alınmaktadır. Analiz sürecinde öncelikle yatay kesit bağımlılığı testleri uygulanmakta ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda ülkeler arasında güçlü bir bağımlılık olduğu belirlenmektedir. Bu durum, G7 ülkelerinin benzer ekonomik ve çevresel şoklara birlikte tepki verdiğini göstermektedir. Yatay kesit bağımlılığının varlığı dikkate alınarak ikinci nesil panel birim kök testleri uygulanmakta ve değişkenlerin birinci farklarında durağan olduğu tespit edilmektedir. Ayrıca eğim homojenliği testleri sonucunda modelin heterojen bir yapıya sahip olduğu ortaya konulmaktadır. Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme testlerinden elde edilen bulgular, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını doğrulamaktadır. Bu doğrultuda FMOLS ve DOLS yöntemleri kullanılarak uzun dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik büyümenin katsayısı negatif, ekonomik büyümenin karesinin katsayısı ise pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Bu bulgular, ekonomik büyümenin başlangıç aşamasında çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilediğini, ancak belirli bir gelir düzeyine ulaşıldıktan sonra çevresel kalitenin iyileştiğini göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlarla G7 ülkeleri özelinde ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki U şeklindeki ilişki ortaya koyulmakta ve literatüre bu açıdan ampirik katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi için ekonomik büyüme politikalarının çevresel faktörler dikkate alınarak oluşturulması gerektiği değerlendirilmektedir. Ekonomik

büyüme çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir ve bu nedenle politika yapıcıların yeşil büyümeye geçiş sürecinde yeşil teknolojilere yönelik yatırımları teşvik etmeleri gerekmektedir. Ekonomik faaliyetlerin uygun teşvik mekanizmaları aracılığıyla daha çevre dostu girişimlere yönlendirilmesi önemli olmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, çevre dostu teknolojilerin yaygınlaştırılması ve çevresel farkındalığın güçlendirilmesine yönelik politikaların, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin sağlanmasında kritik bir rol oynadığı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdulmagid Basheer Agila, T., Khalifa, W. M., Saint Akadiri, S., Adebayo, T. S., & Altuntaş, M. (2022). Determinants of Load Capacity Factor in South Korea: Does Structural Change Matter? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(46), 69932-69948.
- Afshan, S. & Yaqoob, T. (2023). Unravelling The Efficacy Of Green İnnovation And Taxation İn Promoting Environmental Quality: A Dual-Model Assessment Of Testing The Lcc Theory İn Emerging Economies. *Journal of Cleaner Production*.
- Ahlat, A. G. A. & Yurtkuran, S. (2024). Türkiye’de Enerji Güvenliği Riski Ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi İle Çevre Kalitesi Arasındaki İlişki: Lcc Hipotezi.
- Alola, A.A., Adebayo, T.S., & Onifade, S.T. (2021). Examining The Dynamics Of Ecological Footprint İn China With Spectral Granger Causality And Quantile-On-Quantile Approaches. *Int J Sustain Dev World Ecology*, 29(3):263–276
- Altuntaş, H. & Kassouri, Y. (2020). Is The Environmental Kuznets Curve İn Europe Related To The Per-Capita Ecological Footprint Or CO 2 Emissions? *Ecol. Indicat*, 113, 106187.
- Akhayere, E., Kartal, M. T., Adebayo, T. S., & Kavaz, D. (2023). Role of Energy Consumption and Trade Openness Towards Environmental Sustainability in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 21156-21168.
- Aras, G., Tezcan, N., & Furtuna, Ö. K. (2018). Çok Boyutlu Kurumsal Sürdürülebilirlik Yaklaşımı İle Türk Bankacılık Sektörünün Değerlemesi: Kamu-Özel Banka Farklılaşması. *Ege Akademik Bakış*, 18(1), 47- 61.
- Aslan, M. (2025). Türkiye’de Çevresel Sürdürülebilirliği Artırmada Yenilenemeyen Enerji Verimliliğinin Rolü, EKC ve LCC Hipotezleri: Kesirli Fourier ARDL Yaklaşımı ile Bulgular. *Sosyoekonomi*, 33(64), 493-518.
- Asteriou, Dimitrios ve S.G. Hall (2007), *Applied Econometrics: A Modern Approach Using Eviews and Microfit Revisited Edition*, Palgrave Macmillan, Newyork.
- Ayyıldız, M. and Erdal, G. (2021). The relationship between carbon dioxide emission and crop and livestock production indexes: a dynamic common correlated effects approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1): 597-610.
- Aytun, C., ve Akın, C. S. (2014), OECD Ülkelerinde Telekomünikasyon Altyapısı ve Ekonomik Büyüme: Yatay Kesit Bağımlı Heterojen Panel Nedensellik Analizi. *İktisat İşletme ve Finans*, 29(340), 69-94.
- Baykut, E. (2026). The Effect of Agricultural and Financial Sectors on Environmental Quality: Testing the Validity of the LCC Hypothesis in Türkiye. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, (Advanced Online Publication).

- BBC. (2022). G7: What is the G7 and what is it doing about Ukraine?
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1): 239-253.
- Çağlar, A. E., Daştan, M., Mehmood, U., & Avcı, S. B. (2023). Assessing the connection between competitive industrial performance on load capacity factor within the LCC framework: implications for sustainable policy in BRICS economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.
- Dam, M. M., & Sarkodie, S. A. (2023). Renewable energy consumption, real income, trade openness, and inverted load capacity factor nexus in Türkiye: revisiting the EKC hypothesis with environmental sustainability. *Sustainable Horizons*, 8, 100063.
- Diñçer, S., & Akın, F. (2025). Ekonomik Büyüme ve Kentleşmenin Sürdürülebilir Çevre Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş AB Ülkelerinde LCC Hipotezinin Geçerliliğinin Analizi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (Advanced Online Publication), 943-958.
- Doğan, A. ve Pata, U. K. (2022). The role of ICT, R&D spending and renewable energy consumption on environmental quality: Testing the LCC hypothesis for G7 countries. *Journal of Cleaner Production*, 380(135038), 1-11.
- Feng, Z., Durani, F., Anwar, A., Ahmad, P., Syed, Q. R., & Abbas, A. (2024). From brown to green: Are emerging countries moving in right direction? Testing the validity of LCC hypothesis. *Energy & Environment*, 36(8), 3714-3736.
- Global Footprint Network, (2026). *Countries With Biocapacity Deficit*.
- Gökçeli, E., Altıntaş, N., & Hakkak, M. A. (2025). novel perspective on environmental quality: Exploring load capacity factors through FDI inflows across diverse sectors-Empirical evidence from Türkiye. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(53), 193-214.
- Göksu, S. (2025). Türkiye'de Hayvansal ve Bitkisel Üretim Endeksi ile Yük Kapasite Faktörü Arasındaki İlişki: LCC Hipotezi Üzerinden Ampirik Kanıtlar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(4), 1046-1060.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.
- Gülmez, A. (2015). OECD ülkelerinde ekonomik büyüme ve hava kirliliği ilişkisi: panel veri analizi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 18-30.
- Gülmez, A., Özdilek, E., & Karakaş, D. N. (2021). Ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izine etkileri: G7 ülkeleri için panel eşbütünleşme analizi. *Econder Uluslararası Akademik Dergi*, 5(2), 329-342.
- Güvenek, B. ve V. Alptekin (2010), "Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi", *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, Cilt:1, Sayı:2:172-193.
- Jin, X., Ahmed, Z., Pata, U. K., Kartal, M. T., & Erdogan, S. (2024). Do investments in green energy, energy efficiency, and nuclear energy R&D improve the load capacity factor? An augmented ARDL approach. *Geoscience frontiers*, 15(4), 101646.
- Khan, K. A., Hamid, A., Sharif, A., Syed, Q. R., & Anwar, A. (2025). Impact of adaptation technologies and green energy on environmental quality: Evidence from G8 economies. *Gondwana Research*, 139, 230-242.

- Kök, Recep, M.Serdar İSPİR ve A.Aydır ARI (2010), “Zengin Ülkelerden Azgelişmiş Ülkelere Kaynak Aktarmamekanizmasının Gerekliliği ve Evrensel Bölüşüm Parametresiüzerine Bir Deneme”
- Kök, Recep ve Nevzat ŞİMŞEK (2006), “Endistri-içi Dış Ticaret, patentler ve uluslararası teknolojik yayılma”
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality, *The American Economic Review*, 45, 1, 1-28.
- Küçükaksoy, İ. ve Akalın, G. (2017). Fisher hipotezinin panel veri analizi ile test edilmesi: OECD ülkeleri uygulaması. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 35(1), 19-40.
- Nazlıoğlu, Şaban (2010), Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş Ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Karşılaştırma, Yayınlanmamış Doktora Tezi, T.C. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Pata, U. K., & Işık, C. (2021). Determinants of the Load Capacity Factor in China: A Novel Dynamic Ardl Approach for Ecological Footprint Accounting. *Resources Policy*, 74, 102313.
- Pata, U.K., Balsalobre-Lorente, D., 2022. Exploring the impact of tourism and energy consumption on the load capacity factor in Turkey: a novel dynamic ARDL approach. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (9), 13491–13503.
- Pata, U. K., & Samour, A. (2023). Assessing The Role Of The Insurance Market And Renewable Energy İn The Load Capacity Factor Of OECD Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 48604-48616.
- Pata, U. K., & Tanriover, B. (2023). Is the load capacity curve hypothesis valid for the top ten tourism destinations?. *Sustainability*, 15(2), 960.
- Pata, U. K., Kartal, M. T., Erdogan, S. ve Sarkodie, S. A. (2023). The role of renewable and nuclear energy R&D expenditures and income on environmental quality in Germany: Scrutinizing the EKC and LCC hypotheses with smooth structural changes. *Applied Energy*, 342(121138), 1-13.
- Pedroni, P. (2000), “Fully-Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels”, *Advances in Econometrics*, 15, s.93-130.
- Pedroni, P. (2001), “Purchasing power parity tests in cointegrated panels”, *Review of Economics and Statistics*, 83, s.727-731.
- Pesaran, M.H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
- Pesaran, M. H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1): 50-93.
- Pesaran, M., Hashem, A.U. ve Takashi Y. (2008). A bias-adjusted lm test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Rees, W.E., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environ. Urbanization* 4, 121–130.
- Shahzadi, I., Yaseen, M.R., Khan, M.T.I., Makhдум, M.S.A., Ali, Q., 2022. The nexus between research and development, renewable energy and environmental quality: evidence from developed and developing countries. *Renew. Energy* 190, 1089–1099.

- Shahzad, U., Tiwari, S., Mohammed, K. S., & Zenchenko, S. (2024). Asymmetric nexus between renewable energy, economic progress, and ecological issues: Testing the LCC hypothesis in the context of sustainability perspective. *Gondwana Research*, 129, 465-475.
- Siche, R., Pereira, L., Agostinho, F., ve Ortega, E. (2010). Convergence Of Ecological Footprint And Emergy Analysis As A Sustainability Indicator Of Countries: Peru As Case Study. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 15(10), 3182-3192.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica*, 38(2): 311-323
- Uçar, M., Ülger, M., & Atamer, M. A. (2025). Effects of economic growth and energy consumptions on environmental degradation within the framework of LCC hypothesis in BRICS countries. *Scientific Annals of Economics and Business*, 72(1), 1-19.
- US Department of State. (1997). *G7/Summit of The Eight: History and Purpose*
- Wackernagel, M. and William, E.R.. (1996). *Our Ecological Footprint*, New Society Publishers.
- Wang, S., Zafar, M. W., Vasbieva, D. G., & Yurtkuran, S. (2024). Economic growth, nuclear energy, renewable energy, and environmental quality: Investigating the environmental Kuznets curve and load capacity curve hypothesis. *Gondwana Research*, 129, 490-504.
- World Bank, (2026). *World Development Indicators: Population Total*
- Wu, Y., Anwar, A., Quynh, N. N., Abbas, A., & Cong, P. T. (2024). Impact of economic policy uncertainty and renewable energy on environmental quality: testing the LCC hypothesis for fast growing economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(25), 36405-36416.
- WWF, (2012). *Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu*. Global Footprint Network.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2017). *Panel zaman serileri analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım
- Yuan, S., Musibau, H.O., Genc, S.Y., Shaheen, R., Ameen, A., Tan, Z., 2021. Digitalization of economy is the key factor behind fourth industrial revolution: how G7 countries are overcoming with the financing issues? *Technol. Forecast. Soc. Change* 165, 120533.

KADINLARIN FİNANSAL KAPSAYICILIĞI VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDEN PANEL VERİLERİNE DAYALI BULGULAR

Öğr. Gör. Dr. Rıdvan ÖZTURGUT

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Stratejik İşbirliği, Proje Danışmanlık Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi, İktisat
rozturgut@mehmetakif.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6694-2808

Doç. Dr. Murat BELKE

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İİBF, İktisat
mbelke@mehmetakif.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3299-7162

ÖZET

Bu çalışma, 2011 ile 2024 yılları arasında 113 ülkeyi kapsayan yıllık panel veri setini kullanarak kadınların finansal kapsayıcılığının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini incelemektedir. Kadınların finansal kapsayıcılığını çok boyutlu bir şekilde ele almak amacıyla, çalışma, hesap sahipliği, resmi kredi kullanımı, dijital ödeme kullanımı ve resmi tasarruf olmak üzere dört Global Findex göstergesine dayalı olarak temel bileşen analizi yoluyla bir Kadın Finansal Kapsayıcılık Endeksi oluşturulmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik, iki tamamlayıcı gösterge kullanılarak ölçülmektedir: kişi başına CO₂ emisyonları ve toplam nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji tüketiminin payı. Ampirik analiz, panel yapısındaki kesitsel bağımlılığı, heteroskedastisiteyi ve seri korelasyonu hesaba katan Driscoll-Kraay standart hataları ile sabit etkiler tahmincisini kullanmaktadır. Bulgular, kadınların finansal kapsayıcılığının kişi başına daha düşük CO₂ emisyonları ve yenilenebilir enerji tüketiminin daha yüksek payı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, kadınların finansal hizmetlere erişimi ve bu hizmetleri kullanmasının, daha temiz tüketim kalıplarını, yeşil finansmana erişimi ve sürdürülebilir ekonomik faaliyetlere katılımı kolaylaştırarak çevresel sürdürülebilirliği destekleyebileceğini göstermektedir. Çalışma, kadınların finansal kapsayıcılığına ilişkin tartışmayı yoksulluk, eşitsizlik ve ekonomik kalkınmanın ötesine taşıyarak çevresel sürdürülebilirlik boyutuna genişleterek literatüre katkıda bulunmaktadır. Politika perspektifinden bakıldığında, bulgular kadınları hedefleyen finansal kapsayıcılık stratejilerinin yeşil finans, dijital finansal hizmetler, temiz enerjiye erişim ve sürdürülebilir girişimcilik politikalarıyla entegre edilmesi gerektiğini ima etmektedir.

Anahtar Kelimeler: kadınların finansal kapsayıcılığı, çevresel sürdürülebilirlik, CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji, panel verileri

Jel Kodları: G21, O16, J16, Q42, Q56, C33.

WOMEN'S FINANCIAL INCLUSION AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: PANEL DATA EVIDENCE FROM DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES

Lecturer Dr. Rıdvan ÖZTURGUT

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Stratejik İşbirliği, Proje Danışmanlık Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi, İktisat

rozturgut@mehmetakif.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6694-2808

Assoc. Prof. Dr. Murat Belke

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İİBF, İktisat

mbelke@mehmetakif.edu.tr

ORCID: 0000-0002-3299-7162

ABSTRACT

This study examines the effect of women's financial inclusion on environmental sustainability using an annual panel dataset covering 113 countries from 2011–2024. To capture women's financial inclusion in a multidimensional manner, the study constructs a Women's Financial Inclusion Index through principal component analysis based on four Global Findex indicators: account ownership, formal borrowing, digital payment use, and formal saving. Environmental sustainability is measured using two complementary indicators: CO₂ emissions per capita and the share of renewable energy consumption in total final energy consumption. Empirical analysis employs a fixed-effects estimator with Driscoll-Kraay standard errors, which accounts for cross-sectional dependence, heteroskedasticity, and serial correlation in the panel structure. The findings indicate that women's financial inclusion is associated with lower CO₂ emissions per capita and a higher share of renewable energy consumption. These results suggest that women's access to and use of financial services may support environmental sustainability by facilitating cleaner consumption patterns, access to green finance, and participation in sustainable economic activities. The study contributes to the literature by extending the discussion on women's financial inclusion beyond poverty, inequality, and economic development to the environmental sustainability dimension. From a policy perspective, the findings imply that financial inclusion strategies targeting women should be integrated with green finance, digital financial services, clean energy access, and sustainable entrepreneurship policies.

Keywords: Financial Inclusion, Environmental Sustainability, Women's Economic Empowerment, System-GMM, Threshold Effect.

Jel Codes: G21, O16, J16, Q42, Q56, C33.

LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMININ OPERASYONEL VERİMLİLİK VE TEDARİK ZİNCİRİ DAYANIKLILIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: KAVRAMSAL BİR ANALİZ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe GÜNGÖR

Lojistik Yönetimi Bölümü, Kadir Karabaş Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye

ayse.gungor@giresun.edu.tr
ORCID: 0009-0006-3916-9657

Abdallah ABUKALLOUB

İktisatçı, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, Niğde, Türkiye

abdkallob@gmail.com
ORCID: 0009-0000-1697-5206

ÖZET

Bu çalışma, lojistik sektörde yapay zekâ kullanımının operasyonel verimlilik ve tedarik zinciri dayanıklılığı üzerindeki çok boyutlu etkilerini kavramsal bir çerçevede analiz etmeyi amaçlamaktadır. Küresel tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığı ve belirsizliği, lojistik sistemlerin yalnızca maliyet odaklı değil, aynı zamanda esnek ve dayanıklı olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda çalışma, yapay zekâyı süreçleri otomatikleştiren teknik bir araçtan ziyade, karar kalitesini artıran, öngörüselsel analitik sunan ve sistemin uyum kapasitesini genişleten stratejik bir yetkinlik olarak ele almaktadır. Literatür taraması ve kavramsal sentez yoluyla geliştirilen model, yapay zekâ uygulamalarının talep tahmini, rota optimizasyonu, depo yönetimi ve gerçek zamanlı karar destek sistemleri aracılığıyla verimlilik ve dayanıklılık arasındaki geleneksel ödünleşimi (trade-off) nasıl ortadan kaldırdığını ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulguları, yapay zekâ tabanlı görünürlük ve koordinasyon kapasitesinin, lojistik sistemleri hem daha az maliyetli hem de dışsal şoklara karşı daha dirençli hale getirdiğini göstermektedir. Ayrıca, bu teknolojik dönüşümün beraberinde getirdiği veri güvenliği, algoritmik güvenilirlik ve örgütsel direnç gibi risk faktörlerinin de tartışıldığını ve değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Yönetimi, Operasyonel Verimlilik, Tedarik Zinciri Dayanıklılığı, Dijital Dönüşüm.

JEL Kodları: L91, O33, M11, D81.

THE EFFECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE IN THE LOGISTICS SECTOR ON OPERATIONAL EFFICIENCY AND SUPPLY CHAIN RESILIENCE: A CONCEPTUAL ANALYSIS

Assist. Prof. Ayşe GÜNGÖR

Department of Logistics Management, Kadir Karabaş School of Applied Sciences, Giresun University, Giresun, Türkiye

*ayse.gungor@giresun.edu.tr
ORCID: 0009-0006-3916-9657*

Abdallah ABUKALLOUB

Economist, Niğde Omer Halisdemir University, Institute of Social Sciences, Department of Economics, Niğde, Türkiye

*abdkalloub@gmail.com
ORCID: 0009-0000-1697-5206*

ABSTRACT

This study aims to analyze, within a conceptual framework, the multidimensional effects of artificial intelligence in the logistics sector on operational efficiency and supply chain resilience. The increasing complexity and uncertainty of global supply chains require logistics systems to be not only cost-effective but also flexible and resilient. In this context, the study views artificial intelligence not just as a technical tool that automates processes but as a strategic capability that improves decision-making, offers predictive analytics, and enhances the system's adaptive capacity. The model developed through a literature review and conceptual synthesis shows how artificial intelligence applications can eliminate the traditional trade-off between efficiency and resilience through demand forecasting, route optimization, warehouse management, and real-time decision support systems. The findings indicate that AI-based visibility and coordination capabilities make logistics systems both more cost-efficient and more resistant to external shocks. Additionally, the study highlights that risk factors associated with this technological shift, such as data security, algorithmic reliability, and organizational resistance, must also be addressed and carefully evaluated.

Keywords: Logistics Management, Operational Efficiency, Supply Chain Resilience, Digital Transformation.

JEL Codes: L91, O33, M11, D81.

1. Introduction

Modern logistics and supply chain management are going through a significant shift fueled by globalization, digitalization, and rising environmental uncertainties. Disruptions from pandemics, geopolitical crises, and climate change have highlighted the vulnerabilities of logistics networks, bringing operational efficiency and supply chain resilience to the forefront of corporate strategies. In this fast-changing environment, artificial intelligence has become a critical technological tool by turning data into a strategic asset, streamlining operational processes, improving decision-making, and making systems more flexible in the face of disruptions.

Although the body of literature on artificial intelligence in logistics has grown rapidly, it mainly focuses on the technical performance of specific technologies or on isolated outcomes. In contrast, there is a need for comprehensive theoretical frameworks that explain how AI influences the interconnected relationship between operational efficiency (cost, speed, accuracy) and supply chain resilience (sensing, adaptation, recovery). To address this gap, the

present study aims to systematically analyze the effects of artificial intelligence in the logistics sector within a conceptual framework.

The investigation is founded upon a framework of conceptual analysis and literature synthesis within the scope of a qualitative research methodology. In this regard, peer-reviewed academic studies published in recent years and indexed in international databases, particularly within the disciplines of logistics, supply chain management, and artificial intelligence, have been critically examined and synthesized. The methodological approach comprises the comparison of existing theoretical frameworks, the reassessment of interconceptual relationships, and the formulation of a novel conceptual model elucidating the influence of artificial intelligence on logistics performance. Accordingly, the study evaluates not only the operational outcomes of artificial intelligence applications in the logistics sector but also the systemic transformation occurring within the strategic architecture of the system within a conceptual and analytical context.

2. Conceptual Framework and Literature Review

The conceptual framework of this study rests on the idea that artificial intelligence in logistics is more than just a technical tool for digitalization; it also acts as a strategic capability that improves operational efficiency and boosts supply chain resilience. Recent research shows that artificial intelligence creates multiple effects in logistics and supply chain management through forecasting, optimization, real-time visibility, decision support, and reconfiguration abilities (Belhadi et al., 2024; Riad et al., 2024). In this context, artificial intelligence should be seen not only as a means of process automation but also as a higher-level managerial skill that manages uncertainty, enhances decision-making, and increases the system's adaptive capacity (Culot et al., 2024; Modgil et al., 2022).

In the literature, the relationship between artificial intelligence and logistics performance has often been discussed within specific application areas. However, recent studies indicate that this relationship should be viewed more holistically. The influence of artificial intelligence extends beyond narrow technical improvements such as forecasting accuracy, route planning, or inventory management. Instead, artificial intelligence reshapes the operational logic of logistics systems through data visibility, predictive analytics, risk sensing, decision support, process synchronization, and agile reconfiguration (Beta et al., 2025; Mukherjee et al., 2024). Consequently, in this study, artificial intelligence is conceptualized as an explanatory variable that concurrently affects both performance and resilience outcomes in the logistics sector.

2.1. Logistics and Supply Chain Management

Logistics and supply chain management form a complex system that requires the coordinated management of material, information, and decision flows across a multi-actor network. The modern approach to supply chain management emphasizes not only the efficiency of internal processes but also the quality of integration among suppliers, manufacturers, distributors, and customers. In this context, logistics systems are no longer just operational domains managing physical flows; instead, they have become cognitive structures where large amounts of data are processed, real-time decisions are made, and multi-actor coordination is maintained (Culot et al., 2024).

This transformation has highlighted how logistics is one of the fields where the influence of artificial intelligence is most visible. Logistics activities such as warehouse management, route planning, capacity allocation, delivery coordination, and inventory control are especially suited to AI-supported decision-making because of high uncertainty, large data flows, and time constraints. In fact, research on warehouse process quality, intelligent logistics system design,

and machine learning-based decision models shows that analytical skills are essential for success in data-heavy logistics operations (Batarlienė & Jarašūnienė, 2024; Lin et al., 2022; Wang et al., 2022). Thus, in this study, logistics and supply chain management are not seen as passive areas where AI is simply applied; instead, they are viewed as the main organizational contexts where the operational and strategic impacts of AI become significant.

Recent research further shows that logistics systems should be assessed not only based on cost and speed but also on resilience. Supply chain disruptions, operational bottlenecks, and growing environmental uncertainty make it essential for logistics networks to be both efficient and resilient. In this context, artificial intelligence acts as a transformative tool that boosts the resilience of logistics systems through improved visibility, traceability, process reliability, and quick decision-making (Habazin et al., 2025; Pantiris et al., 2025).

2.2. The Concept of Artificial Intelligence and Its Use in Logistics

In this study, artificial intelligence is defined as a collection of technological and analytical systems that support or partly automate decision-making, forecasting, optimization, classification, risk detection, and problem-solving functions in logistics and supply chain processes based on data. However, the literature suggests that artificial intelligence should be viewed not just as a technical tool but also as an information-processing system that transforms decision-making structures. From this perspective, artificial intelligence forms a cognitive infrastructure that turns operational data into a strategic resource and allows organizations to make faster, more accurate, and more adaptable decisions (Hao & Demir, 2024).

The use of artificial intelligence in logistics is most commonly seen in areas such as machine learning, predictive analytics, decision support systems, intelligent automation, demand forecasting, and route optimization. However, beyond this technological diversity, the more important issue is how artificial intelligence transforms decision-making within logistics systems. By recognizing patterns, detecting deviations, and generating probabilistic insights based on both historical and real-time data, artificial intelligence allows organizations not only to monitor operations in real-time but also to anticipate potential disruptions and develop alternative strategies (Culot et al., 2024; Modgil et al., 2022; Paul et al., 2025). As a result, artificial intelligence enhances the digitalization of logistics processes and helps make decisions more predictive, adaptive, and sensitive to context.

For this reason, the role of artificial intelligence in logistics goes beyond the idea of “automation.” While automation involves executing specific tasks without human input, artificial intelligence provides higher-level functions such as learning, generating insights, prioritizing, detecting anomalies, and developing decision options. In this context, artificial intelligence in the logistics sector should be seen not only as a technology that boosts efficiency but also as a strategic decision-making framework that helps manage environmental complexity (Beta et al., 2025; Pantiris et al., 2025).

2.3. The Relationship Between Operational Efficiency and Supply Chain Resilience

Operational efficiency and supply chain resilience have traditionally been viewed as separate performance frameworks in the literature. Operational efficiency is typically linked to cost savings, process standardization, speed, delivery accuracy, and resource optimization, while supply chain resilience is defined by the ability to detect, absorb, recover from, and adapt to disruptions. However, recent research suggests that especially in AI-enabled systems, there is no strict trade-off between these two aspects. Empirical evidence showing that AI-driven innovation can enhance both resilience and overall supply chain performance at the same time implies that this relationship should be reexamined as mutually reinforcing (Belhadi et al., 2024; Mukherjee et al., 2024).

Artificial intelligence serves as the key factor that transforms the traditional tension between these two dimensions. AI-powered logistics systems enable both more efficient execution of routine tasks and faster responses to disruptions through features such as real-time visibility, early warning, predictive planning, anomaly detection, scenario analysis, and flexible reallocation. Modgil et al. (2022) show that AI-supported supply chains operate more systematically during risk recognition, analysis, reconfiguration, and activation stages. Similarly, Riad et al. (2024) contend that mechanisms like real-time visibility, predictive analytics, and risk management collectively enhance operational efficiency and resilience.

For this reason, the relationship between operational efficiency and resilience should not be seen as a zero-sum choice, but rather as an integrated performance relationship with the potential for mutual reinforcement under suitable digital and analytical capability conditions. Findings related to warehouse process quality, intelligent logistics systems, and AI-enabled coordination capacity further support this view (Batarlienė & Jarašūnienė, 2024; Pantiris et al., 2025; Wang et al., 2022). In other words, the more visible, data-manageable, predictable, and agile a logistics system becomes, the more it develops into a structure that is not only more efficient but also more resilient.

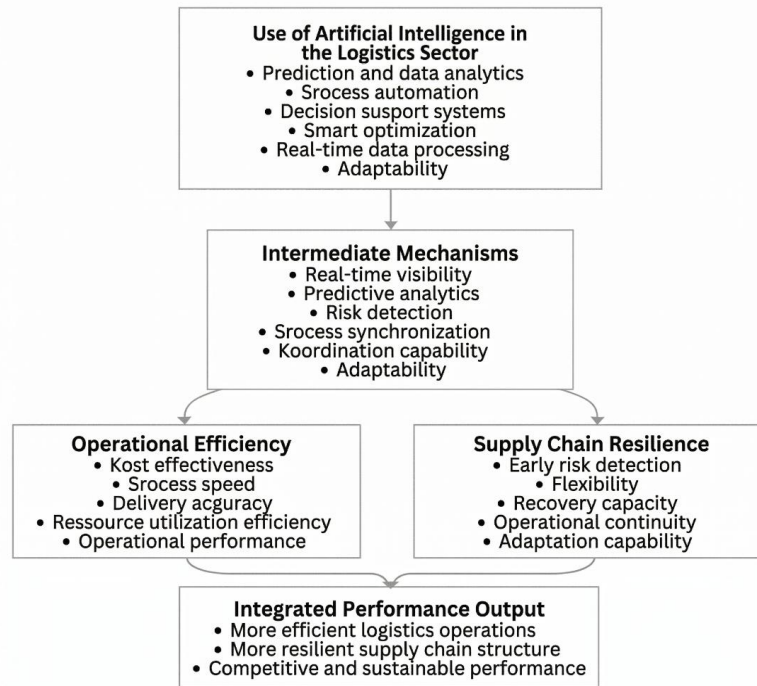
2.4. Research Gap

The literature clearly shows that artificial intelligence has gained increasing attention in logistics and supply chain management; however, many existing studies focus either on specific AI technologies or on isolated performance outcomes. Although systematic literature reviews and conceptual framework studies suggest that the field is rapidly growing, the body of research remains fragmented (Beta et al., 2025; Culot et al., 2024; Riad et al., 2024). In particular, studies that comprehensively integrate the effects of artificial intelligence on operational efficiency and supply chain resilience within a single theoretical framework, especially in the logistics sector, are still limited.

Second, in existing literature, the logistics sector is often viewed as a part of broader supply chain discussions, and its unique operational dynamics are not sufficiently analyzed as an independent field. However, logistics-specific processes such as warehousing, route planning, delivery synchronization, capacity allocation, and flow continuity are areas where the effects of artificial intelligence are most evident (Habazin et al., 2025; Pantiris et al., 2025). This situation highlights the need for theoretical synthesis studies that focus specifically on the logistics sector.

Third, the relationship among artificial intelligence, operational performance, and resilience is often studied in a fragmented way at the empirical level, while the conceptual connection among these three concepts is not clearly explained. Studies by Belhadi et al. (2024) and Mukherjee et al. (2024) support the link between performance and resilience, whereas Modgil et al. (2022) and Riad et al. (2024) provide important theoretical foundations. However, there is still a need for conceptual research that systematically explains the triadic relationship between artificial intelligence, operational efficiency, and supply chain resilience, especially in the logistics sector. To address this gap, the present study positions artificial intelligence as a key conceptual variable that explains the integrated relationship between operational efficiency and supply chain resilience in logistics. Accordingly, the proposed model, based on the main conceptual links identified in the literature, is presented in Figure 1.

Figure 1. A Conceptual Model of the Effects of Artificial Intelligence Use in the Logistics Sector on Operational Efficiency and Supply Chain Resilience



Source: Prepared by the author based on Belhadi et al. (2024), Culot et al. (2024), Modgil et al. (2022), Mukherjee et al. (2024), Riad et al. (2024), and Habazin et al. (2025).

Figure 1 shows the basic structure explaining how artificial intelligence use in the logistics industry affects operational efficiency and supply chain resilience. In the model, artificial intelligence is seen as the main factor that influences logistics processes through elements such as forecasting, data analytics, process automation, decision support systems, and intelligent optimization. The impact of this use doesn't happen directly; instead, it appears through intermediate mechanisms like real-time visibility, predictive analytics, risk sensing, process synchronization, coordination, and adaptability.

On one hand, these intermediate mechanisms improve operational efficiency measures such as cost effectiveness, process speed, delivery precision, and optimal resource use. On the other hand, they support aspects of supply chain resilience, including early risk detection, flexibility, recovery ability, operational continuity, and adaptability. Therefore, the model shows that artificial intelligence in logistics systems should not be viewed only as a tool for increasing efficiency but also as a strategic capability that helps develop more resilient and flexible systems in response to disruptions.

3. Artificial Intelligence Application Areas in Logistics

Artificial intelligence applications in the logistics sector do not simply involve using a single technological tool; they represent the evolution of decision-making processes toward a data-driven, predictive, and increasingly autonomous system. Studies exploring roadmaps in logistics and supply chain management show that AI's impact is most significant in forecasting, planning, optimization, visibility, coordination, and decision support functions. Therefore, AI in logistics should be viewed not just as a collection of operational tools but as an integrated

transformation domain that improves information-processing capabilities and reduces operational uncertainty (Richey et al., 2023).

In this context, the literature indicates that artificial intelligence in logistics is most prominently focused on four main areas: demand forecasting, route optimization, warehouse and inventory management, and real-time monitoring and decision support systems. These areas not only improve the efficiency of daily operations but also enable quicker responses to potential disruptions along the supply chain. In other words, these applications serve as key operational touchpoints that impact both efficiency and resilience (Pantiris et al., 2025).

3.1. Demand Forecasting

Demand forecasting is a crucial area of artificial intelligence application in logistics because many supply chain decisions depend on accurately predicting future demand. While traditional forecasting methods often use relatively static models based on historical data, recent studies show that AI- and machine learning-based approaches offer more adaptable solutions for dealing with variable demand patterns, short-term fluctuations, and logistics requirements across different geographic scales. The review by Saraiva and Yoshizaki (2024) indicates that methodological diversity in logistics demand forecasting research has grown, with approaches like neural networks becoming increasingly significant. The same study also notes that, although short- and medium-term forecasts are vital for logistics planning, these topics are still relatively underexplored in the literature.

Within this framework, the main contribution of artificial intelligence is its ability to view demand not just as an extension of past consumption patterns, but as a phenomenon influenced by multiple interacting variables. Demand levels are affected by seasonal effects, regional differences, promotional periods, e-commerce activity, delivery expectations, and macro-environmental conditions. Huang et al. (2023) demonstrate that artificial neural network approaches result in lower error rates and more consistent forecasting performance in regional logistics demand prediction, showing that learning-based models can surpass traditional forecasting techniques in data-heavy logistics contexts. This finding indicates that artificial intelligence not only improves the accuracy of demand forecasts but also provides a more reliable informational foundation for decision-making.

The importance of these advances in demand forecasting for logistics goes beyond simply achieving “better predictions.” As forecasting accuracy improves, decisions about order planning, capacity allocation, distribution frequency, transportation, and inventory levels can be made more consistently. This helps reduce the risks of overstocking and stockouts, while also improving coordination among warehousing, transportation, and supply processes. As a result, AI-supported demand forecasting becomes not just a way to boost operational efficiency but also a key tool for increasing resilience by reducing uncertainty across the supply chain (Saraiva & Yoshizaki, 2024).

Demand forecasting is one of the earliest and most influential applications of artificial intelligence in logistics. Especially in environments with demand volatility, AI-supported forecasting systems do more than just respond; they enable the creation of logistics structures that support proactive readiness. In this context, artificial intelligence functions not only as a technical tool for forecasting but also as a predictive capability that enhances the link between efficiency and resilience (Richey et al., 2023).

3.2. Route Optimization

Route optimization is the second main area where artificial intelligence is clearly used in logistics, especially for cutting costs, speeding up deliveries, and using resources more efficiently. While traditional route planning systems usually rely on fixed parameters, AI-

supported methods can analyze many variables at once, such as traffic levels, delivery time windows, customer locations, energy use, and environmental limits. Because of this, artificial intelligence turns route planning from just finding the “shortest path” into a broader operational decision-making process (Yin, 2022; Xiao et al., 2024).

Recent research increasingly focuses on route optimization alongside sustainability goals. Yin’s (2022) multi-objective vehicle routing method within low-carbon intelligent transportation shows that distribution costs, energy use, and carbon emissions can be optimized together. Similarly, Jafari et al. (2025) created a model for mixed-fleet distribution systems that considers transportation costs, energy consumption, and emissions at the same time, highlighting that route choices have both economic and environmental impacts. These studies suggest that artificial intelligence and advanced analytics enhance logistics performance in route optimization in multiple ways.

The integration of artificial intelligence into route optimization is especially important for operational agility. Traffic congestion, vehicle breakdowns, changes in customer time windows, and sudden capacity bottlenecks in delivery processes often make fixed route plans inadequate. Conversely, AI-supported systems can process real-time data to suggest alternative routes, dynamically reorganize delivery sequences, and maintain continuous distribution flows. In this context, route optimization shifts from merely a productivity tool to a strategic application that also boosts resilience. Indeed, such systems support operational continuity by enhancing reconfiguration capacity in the face of disruptions (Pantiris et al., 2025).

In this context, route optimization is a key application where artificial intelligence should be seen not just as a cost-saving tool in logistics, but as a capability that improves decision-making speed and network-level adaptability. In this process, artificial intelligence not only makes distribution networks smarter but also boosts operational efficiency, environmental performance, and quickness in responding to disruptions. Consistent with the overall argument of this article, this multidimensional impact shows that artificial intelligence acts as a mechanism that enhances both efficiency and resilience in logistics (Richey et al., 2023; Yin, 2022).

3.3. Warehouse and Inventory Management

Warehouse and inventory management are key areas where artificial intelligence's impact on efficiency is most evident in logistics. Warehousing activities involve highly interconnected processes like goods receiving, storage, stock tracking, order picking, replenishment, and shipment preparation. Even small errors or delays in these steps can lead to cascading effects, making decision quality and process visibility crucial for operational success. In fact, Batarlienė and Jarašūnienė (2024) highlight that the quality of warehousing processes is a fundamental factor in logistics performance, showing that warehouse management is not just about physical space but also about process quality and coordination.

In this area, artificial intelligence plays a particularly important role in inventory optimization. More accurate demand forecasting, proper safety stock level determination, dynamic updating of reorder points, and optimized product placement based on order flow greatly enhance warehouse efficiency. The study by Arvind et al. (2025) shows that a machine learning- and IoT-based smart warehousing approach offers a comprehensive framework for precise inventory management. This approach shifts inventory decisions from static rules to a dynamic system driven by real-time data.

However, artificial intelligence's role in warehouse management extends beyond just optimizing stock levels. It also offers significant improvements in areas like planning product placement based on movement frequency, optimizing order-picking routes, pinpointing

bottlenecks, and balancing workflows. These applications help reduce human errors, enhance order fulfillment speed, and make better use of in-warehouse resources. Consequently, warehouse operations become quicker, more predictable, and more stable. This is especially important during disruptions, as it allows the system to identify at-risk inventory items early and reallocate resources more effectively (Batarlienė & Jarašūnienė, 2024; Arvind et al., 2025).

Within this framework, warehouse and inventory management stand out as key strategic areas where artificial intelligence impacts both efficiency and resilience simultaneously. Improved inventory visibility, reduced error rates, and faster order processing boost operational efficiency, while the ability to forecast stock disruptions, safeguard critical items, and make quick decisions enhances system resilience. Therefore, AI-supported warehouse management should be viewed as a comprehensive capability that enhances both cost efficiency and readiness against disruptions in logistics systems (Batarlienė & Jarašūnienė, 2024).

3.4. Real-Time Monitoring and Decision Support Systems

Real-time monitoring and decision support systems are among the most strategic applications of artificial intelligence in logistics. These systems go beyond merely collecting operational data; they transform this data into actionable information for decision-making. Although supply chain visibility has long been recognized as a key factor in logistics performance, artificial intelligence enhances this visibility with capabilities such as instant signal processing, anomaly detection, alert generation, and scenario-based recommendations. Riad et al. (2024) emphasize real-time visibility and risk management as central components of resilience architecture, while Richey et al. (2023) identify decision support and advanced analytics as core areas in the research agenda on artificial intelligence in logistics.

Another factor increasing the importance of this area is the growth of real-time data flows that surpass human decision-makers' cognitive capacity. Sensors, IoT devices, vehicle tracking systems, order management platforms, and customer interaction channels produce large amounts of data. AI-supported decision support systems filter this data into meaningful signals, highlight abnormal situations, and help managers make faster, more context-aware decisions. Hao and Demir (2024) show that AI-supported decision-making processes have significant potential in supply chain management, but they also stress that this potential must be assessed alongside organizational drivers and technological limitations. This suggests that decision support systems are not just a technical infrastructure but also require organizational alignment and transformation.

The tangible value of real-time monitoring and decision support in logistics becomes especially clear under conditions of uncertainty and time pressure. Pantiris et al. (2025), in the context of humanitarian logistics, demonstrate artificial intelligence's ability to anticipate sudden demand surges, reroute deliveries, enhance inter-team communication, and optimize resource use. Although these insights come from humanitarian logistics, the decision coordination logic they describe is also very relevant to general logistics systems. Artificial intelligence improves coordination quality by enabling faster information flow among various actors and factors, allowing systems to operate proactively rather than reactively.

In this context, real-time monitoring and decision support systems stand out as key application areas where artificial intelligence delivers the greatest impact in the logistics industry. Acting as an information backbone that links all other applications, these systems supply data for demand forecasting, update route optimization, support warehouse decisions, and provide complete visibility across the system. Therefore, AI-supported monitoring and decision systems should be seen as the essential infrastructure that embodies the connected relationship between efficiency and resilience in logistics (Richey et al., 2023; Hao & Demir, 2024).

Overall, the application areas of artificial intelligence in logistics should not be seen as separate technical parts, but as complementary elements of a shared operational intelligence system. Demand forecasting boosts predictive ability, route optimization improves operational flexibility, warehouse and inventory management enhance flow control, and real-time monitoring and decision support systems increase visibility and coordination. What these areas have in common is their ability to make logistics decisions more data-driven, faster, and more adaptable. Therefore, the impact of artificial intelligence in logistics goes beyond process improvements and points to a comprehensive transformation that reshapes the overall logic of system performance (Richey et al., 2023).

The primary application areas of artificial intelligence in logistics, along with their main contributions to operational efficiency and supply chain resilience, are summarized in Table 1.

Table 1. Main Application Areas of Artificial Intelligence in Logistics and Their Key Contributions

Application Area	Form of AI Utilization	Operational Contribution	Resilience Contribution
Demand Forecasting	Machine learning, predictive analytics, big data analysis	Increases demand accuracy, improves inventory planning, and optimizes order and capacity planning	Reduces uncertainty, prevents stock disruptions, and supports supply continuity
Route Optimization	AI-based route planning, multi-objective optimization, real-time data analysis	Reduces delivery times, lowers transportation costs, and improves resource utilization	Enables rerouting during disruptions and enhances operational agility
Warehouse and Inventory Management	Intelligent stock control, automated replenishment, in-warehouse optimization	Optimizes inventory levels, increases order processing speed, and improves warehouse efficiency	Enhances visibility of critical inventory and strengthens preparedness against supply disruptions
Real-Time Monitoring and Decision Support Systems	IoT-enabled data monitoring, real-time analytics, AI-based decision support	Increases operational visibility and enables faster and more accurate decision-making	Detects risks early and improves proactive intervention and coordination capacity

Source: Author's own elaboration based on Riad et al. (2024), Richey et al. (2023), Huang et al. (2023), Saraiva and Yoshizaki (2024), Batarlienė and Jarašūnienė (2024), Pantiris et al. (2025), Hao and Demir (2024), Yin (2022), Jafari et al. (2025), and Arvind et al. (2025).

4. Effects of Artificial Intelligence: An Evaluation Through Operational Efficiency and Supply Chain Resilience

The impacts of artificial intelligence in logistics and supply chain management go beyond simply improving efficiency in specific processes. Recent research shows that this technology produces multidimensional effects in logistics systems by enhancing decision-making quality, increasing information-processing capacity, making environmental uncertainties more apparent, and transforming the system's response structure. Therefore, artificial intelligence should be analyzed not only in terms of technological automation or digitalization but also in the context of restructuring operational performance and strengthening supply chain resilience (Richey et al., 2023; Attah et al., 2024).

Logistics systems are, by their very nature, complex network structures involving multiple actors, variables, time pressures, and uncertainties. In such systems, performance is evaluated not only based on process speed or cost efficiency but also on the level of sustainability maintained during disruptions, fluctuations, and external shocks. In this context, artificial intelligence emerges as a comprehensive technological capability that can influence both operational efficiency and resilience simultaneously. Its abilities to provide data-driven foresight, problem-solving, decision support, and operational visibility show that artificial intelligence is not just an element that optimizes logistics processes but also one that transforms the fundamental logic of the system (Ismaeil, 2024; Krishnan et al., 2024).

Within this framework, the impacts of artificial intelligence on logistics can be assessed along two main dimensions. The first is its influence on operational efficiency, which involves faster, more accurate, and more cost-effective process execution. The second is its impact on supply chain resilience, meaning the system's ability to stay prepared for disruptions, adapt, and recover. However, these two dimensions are interconnected. In fact, recent studies show that artificial intelligence often influences both at the same time and helps create a new performance approach in logistics (Attah et al., 2024; Chen et al., 2024).

4.1. Effects of Artificial Intelligence on Operational Efficiency

Operational efficiency in logistics systems relates to how effectively resources are utilized, how quickly and accurately processes are carried out, keeping costs under control, and meeting customer expectations. In this area, artificial intelligence has transformative effects, especially by providing capabilities that surpass human limits in information-heavy decision-making. Richey et al. (2023) highlight that artificial intelligence in logistics does not just automate tasks, but also enables decisions to be made more quickly, contextually, and driven by data. In this way, artificial intelligence allows processes not only to be sped up but also to be executed more accurately and in a more coordinated manner.

The first significant impact on operational efficiency appears in decision accuracy and process consistency. In logistics, decisions like order planning, capacity allocation, transportation planning, inventory level management, and distribution scheduling require evaluating many variables simultaneously. Artificial intelligence systems analyze large amounts of data in real time or near real time, making these decisions more systematic and less prone to errors. Specifically, predictive analytics and machine learning applications shift decision-making away from intuition toward an analytical, evidence-based approach (Eyo-Udo, 2024; Khoa et al., 2024).

Second, artificial intelligence significantly impacts cost efficiency and resource optimization. Operational costs in logistics usually stem from transportation, warehousing, inventory management, labor, and time losses. AI-supported systems detect bottlenecks, deviations, and resource waste early on, allowing processes to be managed more efficiently and leanly. Chen et al. (2024) show that AI-based optimization not only enhances economic performance but also improves resource allocation and environmental efficiency. This suggests that efficiency should be seen not just as cost reduction but also as smart resource use.

Third, artificial intelligence plays a decisive role in process speed and operational agility. Elements such as delivery windows, warehouse turnover rates, order fulfillment times, and transportation plans in logistics require a high degree of time sensitivity. Through real-time data processing and scenario-based decision support, artificial intelligence reduces delays in these processes and enables operations to be updated rapidly. Krishnan et al. (2024) argue that the integration of artificial intelligence and IoT increases process visibility and generates faster,

more adaptive decisions. This agility strengthens not only daily performance, but also the system's capacity to adapt to sudden changes.

Additionally, artificial intelligence also has indirect but significant effects on service quality and delivery performance. More accurate forecasts, effective scheduling, optimized routing decisions, and increased operational visibility positively impact outcomes like customer satisfaction, delivery accuracy, and order fulfillment reliability. The study by Malhotra and Kharub (2025) in the context of e-commerce logistics shows that artificial intelligence is a key factor in improving performance in systems that operate under pressure for high speed and high customer expectations. This suggests that the effects of artificial intelligence extend beyond internal processes and are also reflected in external performance indicators.

Therefore, artificial intelligence should be viewed not just as a narrow tool that speeds up processes or cuts costs, but as a comprehensive capability that improves decision quality, optimizes resource use, makes processes more coordinated, and boosts service performance. In this way, artificial intelligence transforms operational efficiency in logistics in a layered and multifaceted manner.

4.2. Effects of Artificial Intelligence on Supply Chain Resilience

Supply chain resilience refers to a system's ability to maintain functions amid unexpected disruptions, absorb deviations, develop alternative solutions, and recover from interruptions. Recent events, including the pandemic, geopolitical tensions, energy crises, port congestion, and global transportation disruptions, have demonstrated that resilience is not just a feature relevant during crises but has become a lasting and strategic aspect of logistics performance. In this context, artificial intelligence emerges as a vital enabler of resilience through its capabilities in visibility, risk detection, early warning, scenario planning, and coordination (Modgil et al., 2022; Nwamekwe & Igbokwe, 2024). Research on AI and supply chain resilience consistently indicates that AI-supported systems enhance continuity by improving visibility, risk identification, and adaptive response capabilities.

The primary impact of artificial intelligence on resilience is its ability to detect risks early. Traditional supply chain methods often reveal risks only after a disruption occurs, but AI-supported systems can identify anomalies in data flows, demand fluctuations, capacity issues, and delay signals early on. This ability greatly improves early awareness, a key aspect of resilience. Attah et al. (2024) highlight that artificial intelligence not only creates systems that solve problems but also systems that can anticipate them beforehand. In this way, artificial intelligence helps build resilience proactively rather than reactively.

Second, artificial intelligence plays a key role in adaptability and reconfiguration ability. A resilient supply chain should not only withstand disruptions but also have the ability to quickly adapt to changing conditions. Artificial intelligence speeds up this adaptation through scenario analysis, generating alternative decisions, and data-driven replanning. Rashid and Rasheed's (2026) "cognitive resilience" approach suggests that AI-supported systems can not only respond to disruptions but also develop their own response options. This view shows that artificial intelligence contributes to resilience not just as technical help but as a way to boost the system's cognitive capacity.

Third, artificial intelligence makes important contributions to recovery capacity and operational continuity. For a supply chain to be considered resilient, it must not only anticipate risks but also restore functionality quickly after a disruption. AI-supported systems can quickly identify critical nodes, key decision areas, and resources that need to be reallocated following disruptions. Modgil, Singh, and Hannibal (2022), in their study on COVID-19, show that artificial intelligence enhances learning, reconfiguration, and response capabilities. This

finding indicates that artificial intelligence supports resilience in both the pre-crisis and post-crisis stages.

Additionally, artificial intelligence enhances resilience through improved coordination and network-level alignment. Supply chains are complex, multi-actor networks that span from suppliers to end customers. By decreasing information asymmetry within this network, artificial intelligence boosts coordination among participants and supports more unified responses during disruptions. Specifically, AI-driven visibility and decision-making systems enable faster and more consistent decisions across various parts of the supply chain (Beta et al., 2025; Chukwu et al., 2024). Recent research on AI-enabled coordination and decision-making in logistics also underscores that shared visibility and coordinated actions strengthen resilience in uncertain situations.

As a result, artificial intelligence should be seen not just as a tool that reduces supply chain risks, but as an integrated strategic infrastructure that makes risks visible, boosts the system's learning ability, enhances its capacity to generate alternative solutions, and speeds up recovery processes. In this regard, artificial intelligence has become a key technological driver that shifts resilience in logistics from a traditional “redundancy”-based approach to one based on “intelligent adaptation.”

4.3. The Integrated Effect Between Operational Efficiency and Resilience

Operational efficiency and supply chain resilience have traditionally been viewed as competing performance logics in the literature. This perspective assumes that cost-focused, lean, and highly efficient systems may be more fragile, while redundant and protective structures designed for high resilience could lead to efficiency losses. However, AI-supported logistics systems significantly alter this classic trade-off assumption. Using the same data infrastructure and analytical capacity, artificial intelligence can simultaneously enhance both process efficiency and the system's resilience to disruptions.

At the core of this transformation are the visibility, foresight, and coordination abilities enabled by artificial intelligence. A shared data and analytics infrastructure allows for faster and more accurate operational decisions, while also helping to identify risks early and respond more flexibly. In logistics systems enhanced with artificial intelligence, efficiency and resilience are no longer separate performance areas to be managed independently; instead, they are different outcomes of a shared information-processing capability. For this reason, artificial intelligence should be viewed as an integrative mechanism that reduces the traditional tension between these two concepts (Chen et al., 2024; Attah et al., 2024). Broader AI-in-SCM evidence also supports the idea that common digital-analytical capabilities can enhance both performance and resilience simultaneously.

Indeed, more accurate demand forecasting not only reduces inventory costs but also boosts resilience by preventing stock disruptions. Similarly, real-time route updating systems enhance delivery performance while also enabling the creation of alternative solutions in case of sudden delays. Internal warehouse visibility and intelligent inventory management both improve resource use efficiency and support the continuity of critical product flows during disruptions. These examples show that the effects of artificial intelligence are often two-way and simultaneously strengthen both efficiency and resilience.

Therefore, evaluating the impact of artificial intelligence on logistics solely through performance improvement or risk management is inadequate. A broader view considers artificial intelligence as a cognitive infrastructure that simultaneously reorganizes performance and resilience in logistics systems. In this framework, AI should be seen not just as a tool that

enhances processes, but as a strategic capability that transforms the system's operating logic and creates a new balance between efficiency and resilience.

The multidimensional effects of artificial intelligence on operational efficiency and supply chain resilience in logistics are systematically summarized in Table 2.

Table 2. Effects of Artificial Intelligence on Operational Efficiency and Supply Chain Resilience in Logistics

Interaction Dimension	AI Mechanism	Effect on Operational Efficiency	Effect on Resilience
Decision Quality and Analytical Capacity	Big data analytics, machine learning, predictive analytics	More accurate planning, reduced error rates, improved process consistency	Early identification of risks, reduction of uncertainties
Visibility and Information Flow	Real-time data monitoring, IoT integration	Greater operational transparency, faster decision-making	Early warning mechanisms, proactive intervention
Operational Agility and Adaptation	Dynamic optimization, scenario analysis	Faster updating of processes, reduction of delays	Rapid response to disruptions, reconfiguration capacity
Resource Utilization and Cost Management	Optimization algorithms, intelligent planning	Reduced costs, more efficient resource utilization	Protection of critical resources, prioritization during crises
Coordination and Network Management	Platform-based integration, data sharing	Inter-process alignment, operational synchronization	Increased alignment and resilience across the supply chain
Performance and Service Quality	AI-supported decision systems, automation	Improved delivery accuracy, speed, and customer satisfaction	Service continuity, resilience against interruptions

Source: Author's own elaboration based on Attah et al. (2024), Khoa et al. (2024), Eyo-Udo (2024), Krishnan et al. (2024), Ismaeil (2024), Rashid and Rasheed (2026), Nwamekwe and Igbokwe (2024), Chen et al. (2024), Modgil et al. (2022), Malhotra and Kharub (2025), and Mohsen (2023).

5. Risks and Limitations of Artificial Intelligence in Logistics

Although artificial intelligence offers significant opportunities for operational efficiency and supply chain resilience in the logistics sector, its effects do not always occur in a linear or seamless way. The literature highlights that the success of AI applications relies not only on technical capability but also on data infrastructure, organizational readiness, workforce adaptability, cybersecurity measures, and governance structures. Therefore, AI applications should be assessed not only based on their benefits but also considering their associated risks and limitations (Rane et al., 2024; Hangl et al., 2023; Richey et al., 2023).

Besides the potential advantages of artificial intelligence in logistics, it is important to recognize the structural and managerial challenges that could occur during implementation. In this context, the main risk areas linked to AI applications and their possible effects on logistics operations are outlined in Table 3.

Table 3. Major Risks and Limitations of Artificial Intelligence in Logistics

Risk / Limitation Area	Description	Potential Impacts on Logistics
Data Security and Cyber Risks	AI systems rely on big data, IoT, cloud computing, and integrated digital infrastructures, making logistics networks more vulnerable to cyberattacks and data manipulation	Data breaches, operational disruptions, incorrect decision-making, weakened service continuity
High Implementation and Integration Costs	AI solutions require not only software, but also investments in data infrastructure, integration, security, training, and process redesign	Implementation challenges, especially for SMEs, and limited scalability
Data Quality and Algorithmic Reliability Issues	AI systems operating with incomplete, inaccurate, or biased data may generate misleading operational recommendations	Inaccurate forecasts, flawed routing/planning decisions, loss of operational performance
Workforce Transformation and Skill Mismatch	AI alters job structures in logistics while requiring new digital and analytical skills	Employee resistance, training needs, role ambiguity, low adaptation
Organizational Resistance and Implementation Failure Risk	AI projects require not only technological investment but also transformation in processes, culture, and management	Low adoption rates, ineffective system use, failure to realize expected benefits
Lack of Explainability and Transparency	The decision logic of AI systems is not always fully transparent, creating trust issues, especially in critical logistics decisions	Reduced decision accountability, lack of managerial trust
Ethical and Algorithmic Bias Risks	Imbalances in historical data may lead to the reproduction of biased decision patterns in AI systems	Inequity in resource allocation, unfair evaluation of customers and suppliers
Governance and Accountability Uncertainty	Responsibility for incorrect decisions supported or suggested by AI is often unclear	Organizational accountability issues, managerial and legal risks

Source: Author's own elaboration based on Odimarha et al. (2024), Das and Mukherjee (2024), Enache (2023), Campos Zabala (2023), Ivchik (2024), Regona et al. (2022), Boujarra et al. (2024), George et al. (2024), Mithas et al. (2022), Hangl et al. (2023), Ångström et al. (2023), Rane et al. (2024), Oncioiu et al. (2025), Burov and Kuliavets (2024), Gonçalves and Domingues (2025), Richey et al. (2023), Soumpenioti and Panagopoulos (2023), Hao and Demir (2024), Chen et al. (2024), Lysenko et al. (2023), and Attah et al. (2024).

As shown in Table 3, the risks linked to artificial intelligence applications in logistics go beyond just technical issues. Factors like data security, organizational alignment, ethical governance, and cost structure are essential elements that determine how successful AI implementation will be. Therefore, the effective adoption of artificial intelligence in the logistics sector depends not only on technological integration but also on organizational readiness, secure infrastructure, and managerial responsibility.

6. Conclusion

This study explores the role of artificial intelligence in the logistics sector through a conceptual analysis focusing on operational efficiency and supply chain resilience. It shows how these two aspects are transformed into mutually supporting strategic outcomes by artificial intelligence. The findings confirm that artificial intelligence in logistics should not be seen just as an

automation tool, but as a cognitive infrastructure that handles uncertainty and changes decision-making processes.

One of the main findings of the study is that real-time visibility and predictive capabilities provided by artificial intelligence applications in logistics help reduce the traditional conflict between efficiency and resilience. Predictive analytics and intelligent optimization algorithms both lower costs and increase speed (efficiency), while also allowing the system to identify risks early and respond quickly (resilience). Additionally, it has been found that artificial intelligence ensures operational continuity in areas like demand forecasting, route optimization, and warehouse management by turning static decision models into dynamic, learning-based systems.

However, achieving these strategic benefits promised by artificial intelligence depends not only on technological investment but also on improving data quality, cybersecurity management, and organizational capabilities. The risks and limitations outlined in this study highlight the crucial need to increase AI readiness levels in logistics firms and establish an ethical governance framework.

In conclusion, competitive advantage in the logistics sector is no longer solely determined by physical asset management, but also by how these assets are made intelligent and resilient through artificial intelligence. Future research should empirically test the conceptual model proposed in this study across various logistics subsectors (e.g., maritime, air, and road transportation) and explore in greater depth the operational outcomes of human-AI collaboration (Augmented Intelligence). The study aims to offer a strategic roadmap for logistics managers and to contribute to the literature by addressing the need for a more comprehensive conceptual model.

References

- Ångström, R. C., Björn, M., Dahlander, L., Mähring, M., & Wallin, M. W. (2023). Getting AI implementation right: Insights from a global survey. *California Management Review*, 66(1), 5-22. <https://doi.org/10.1177/00081256231190430>
- Arvind, V. R., Shrinidhi, R. M., Deepa, T., & Maheedhar, M. (2025). Intelligent Warehousing: A Machine Learning and IoT Framework for Precision Inventory Optimization. *IEEE Access*.
- Attah, R. U., Garba, B. M. P., Gil-Ozoudeh, I., & Iwuanyanwu, O. (2024). Enhancing supply chain resilience through artificial intelligence: Analyzing problem-solving approaches in logistics management. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 5(12), 3248-3265.
- Batarlienė, N., & Jarašūnienė, A. (2024). Improving the quality of warehousing processes in the context of the logistics sector. *Sustainability*, 16(6), 2595. <https://doi.org/10.3390/su16062595>
- Batarlienė, N., & Jarašūnienė, A. (2024). Improving the quality of warehousing processes in the context of the logistics sector. *Sustainability*, 16(6), 2595. <https://doi.org/10.3390/su16062595>
- Belhadi, A., Mani, V., Kamble, S. S., Khan, S. A. R., & Verma, S. (2024). Artificial intelligence-driven innovation for enhancing supply chain resilience and performance under the effect of supply chain dynamism: An empirical investigation. *Annals of Operations Research*, 333(2), 627–652. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03956-x>

- Beta, K., Nagaraj, S. S., & Weerasinghe, T. D. (2025). The role of artificial intelligence on supply chain resilience. *Journal of Enterprise Information Management*, 38(3), 950-973.
- Beta, K., Nagaraj, S. S., & Weerasinghe, T. D. B. (2025). The role of artificial intelligence on supply chain resilience. *Journal of Enterprise Information Management*, 38(3), 950-973.
- Boujarra, M., Lechhab, A., Al Karkouri, A., Zrigui, I., Fakhri, Y., & Bourekkadi, S. (2024). Revolutionizing logistics through deep learning: Innovative solutions to optimize data security. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 102(4), 1593-1607.
- Burov, Y., & Kuliavets, A. (2024). Artificial intelligence in logistics: Opportunities and challenges. Visnyk of Lviv Polytechnic National University. <https://doi.org/10.23939/sisn2024.16.001>
- Campos Zabala, F. J. (2023). The barriers for implementing AI. In *Grow Your Business with AI: A first principles approach for scaling Artificial Intelligence in the enterprise* (pp. 85-110). Berkeley, CA: Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9669-1_4
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>
- Chukwu, N., Yufenyuy, S., Ejiofor, E., Ekweli, D., Ogunleye, O., Clement, T., Obunadike, C., Adeniji, S., Elom, E., & Obunadike, C. (2024). Resilient chain: AI-enhanced supply chain security and efficiency integration. *International Journal of Scientific and Management Research*, 7(3), 46-65. <http://doi.org/10.37502/IJSMR.2024.7306>
- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry*, 162, 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>
- Das, S., & Mukherjee, S. (2024). Navigating cloud security risks, threats, and solutions for seamless business logistics. In *Emerging technologies and security in cloud computing* (pp. 252-275). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2081-5.ch011>
- Enache, G. I. (2023). Logistics security in the era of big data, cloud computing and IoT. In *Proceedings of the international conference on business excellence* (Vol. 17, No. 1, pp. 188-199). Sciendo. <https://doi.org/10.2478/picbe-2023-0021>
- Eyo-Udo, N. (2024). Leveraging artificial intelligence for enhanced supply chain optimization. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 7(2), 001-015.
- George, A. S., Baskar, T., & Srikaanth, P. B. (2024). Cyber threats to critical infrastructure: assessing vulnerabilities across key sectors. *Partners Universal International Innovation Journal*, 2(1), 51-75.

- Gonçalves, R., & Domingues, L. (2025). Artificial intelligence driving intelligent logistics: Benefits, challenges, and drawbacks. *Procedia Computer Science*, 256, 665-672. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.165>
- Habazin, J., Bajor, I., Bajec, P., & Rožić, T. (2025). A review of artificial intelligence applications in cold chain and reverse logistics. *Promet – Traffic & Transportation*, 37(6), 1409–1440. <https://doi.org/10.7307/ptt.v37i6.1332>
- Hangl, J., Krause, S., & Behrens, V. J. (2023). Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in SCM. *Technology in Society*, 74, 102299. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102299>
- Hao, X., & Demir, E. (2024). Artificial intelligence in supply chain decision-making: An environmental, social, and governance triggering and technological inhibiting protocol. *Journal of Modelling in Management*, 19(2), 605–629. <https://doi.org/10.1108/JM2-01-2023-0009>
- Hao, X., & Demir, E. (2024). Artificial intelligence in supply chain decision-making: An environmental, social, and governance triggering and technological inhibiting protocol. *Journal of Modelling in Management*, 19(2), 605–629. <https://doi.org/10.1108/JM2-01-2023-0009>
- Hao, X., & Demir, E. (2024). Artificial intelligence in supply chain decision-making: an environmental, social, and governance triggering and technological inhibiting protocol. *Journal of Modelling in Management*, 19(2), 605-629. <https://doi.org/10.1108/JM2-01-2023-0009>
- Huang, L., Xie, G., Zhao, W., Gu, Y., & Huang, Y. (2023). Regional logistics demand forecasting: A BP neural network approach. *Complex & Intelligent Systems*, 9, 2297–2312. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00297-x>
- Ismaeil, M. K. A. (2024). The role and impact of artificial intelligence on supply chain management: Efficiency, challenges, and strategic implementation. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 89-106.
- Ivchik, V. (2024). Overcoming barriers to artificial intelligence adoption. *Three Seas Economic Journal*, 5(4), 14-20. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2024-4-3>
- Jafari, M. J., Parodi, L., Ferro, G., Minciardi, R., Paolucci, M., & Robba, M. (2025). Mixed-Fleet Goods-Distribution Route Optimization Minimizing Transportation Cost, Emissions, and Energy Consumption. *Energies*, 18(19), 5147. <https://doi.org/10.3390/en18195147>
- Khoa, B. Q., Nguyen, H. T., Anh, D. B. H., & Ngoc, N. M. (2024). Impact of artificial intelligence's part in supply chain planning and decision making optimization. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 5(6), 837-856.
- Krishnan, R., Govindaraj, M., Kandasamy, L., Theraiyan, E., & Das, B. K. (2024). Integrating logistics management with artificial intelligence and IoT for enhanced supply chain efficiency. In *Anticipating future business trends: Navigating artificial intelligence innovations* (pp. 25–35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63569-4_3
- Lin, H., Lin, J., & Wang, F. (2022). An innovative machine learning model for supply chain management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(4), 100276. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100276>

- Malhotra, G., & Kharub, M. (2025). Elevating logistics performance: Harnessing the power of artificial intelligence in e-commerce. *The International Journal of Logistics Management*, 36(1), 290–321. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2024-0046>
- Mithas, S., Chen, Z. L., Saldanha, T. J., & De Oliveira Silveira, A. (2022). How will artificial intelligence and Industry 4.0 emerging technologies transform operations management?. *Production and operations management*, 31(12), 4475-4487. <https://doi.org/10.1111/poms.13864>
- Modgil, S., Gupta, S., Stekelorum, R., & Laguir, I. (2022). AI technologies and their impact on supply chain resilience during COVID-19. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 52(2), 130–149. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2020-0434>
- Modgil, S., Singh, R. K., & Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19. *The international journal of logistics management*, 33(4), 1246-1268.
- Mukherjee, S., Baral, M. M., Nagariya, R., Chittipaka, V., & Pal, S. K. (2024). Artificial intelligence-based supply chain resilience for improving firm performance in emerging markets. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 17(3), 516-540. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-06-2022-0049>
- Nwamekwe, C. O., & Igbokwe, N. C. (2024). Supply chain risk management: Leveraging AI for risk identification, mitigation, and resilience planning. *International Journal of Entrepreneurship, Innovation, Technology & Operations Management*, 2(2). <https://doi.org/10.62157/ijietom.v2i2.38>
- Odimarha, A. C., Ayodeji, S. A., & Abaku, E. A. (2024). Securing the digital supply chain: Cybersecurity best practices for logistics and shipping companies. *World Journal of Advanced Science and Technology*, 5(1), 026-030. <https://doi.org/10.53346/wjast.2024.5.1.0030>
- Oncioiu, I., Mândricel, D. A., & Hojda, M. H. (2025). Artificial intelligence-enabled digital transformation in circular logistics: A structural equation model of organizational, technological, and environmental drivers. *Logistics*, 9(3), 102. <https://doi.org/10.3390/logistics9030102>
- Pantiris, P., Pallis, P. L., Chountalas, P. T., & Dasaklis, T. K. (2025). Enhancing coordination and decision making in humanitarian logistics through artificial intelligence: A grounded theory approach. *Logistics*, 9(3), 113. <https://doi.org/10.3390/logistics9030113>
- Pantiris, P., Pallis, P. L., Chountalas, P. T., & Dasaklis, T. K. (2025). Enhancing coordination and decision making in humanitarian logistics through artificial intelligence: A grounded theory approach. *Logistics*, 9(3), 113. <https://doi.org/10.3390/logistics9030113>
- Paul, T., Islam, N., Rakshit, S., Mondal, S., Kumar, A., & diğerleri. (2025). The impact of artificial intelligence (AI)-enabled collaborative approach: Achieving sustainable supply chain performance. *Journal of Business Logistics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/jbl.70030>

- Rane, N., Choudhary, S. P., & Rane, J. (2024). Acceptance of artificial intelligence: key factors, challenges, and implementation strategies. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 5(2), 50-70. <https://doi.org/10.48185/jaai.v5i2.1017>
- Rashid, A., & Rasheed, R. (2026). Supply chain cognitive resilience through AI-powered risk mitigation and autonomous resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 31(2), 222–242. <https://doi.org/10.1108/SCM-07-2025-0656>
- Regona, M., Yigitcanlar, T., Xia, B., & Li, R. Y. M. (2022). Opportunities and adoption challenges of AI in the construction industry: A PRISMA review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 45. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>
- Riad, M., Naimi, M., & Okar, C. (2024). Enhancing supply chain resilience through artificial intelligence: Developing a comprehensive conceptual framework for AI implementation and supply chain optimization. *Logistics*, 8(4), Article 111. <https://doi.org/10.3390/logistics8040111>
- Riad, M., Naimi, M., & Okar, C. (2024). Enhancing supply chain resilience through artificial intelligence: Developing a comprehensive conceptual framework for AI implementation and supply chain optimization. *Logistics*, 8(4), 111. <https://doi.org/10.3390/logistics8040111>
- Richey, R. G., Jr., Chowdhury, S., Davis-Sramek, B., & Giannakis, M. (2023). Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *Journal of Business Logistics*, 44(4), 532–549. <https://doi.org/10.1111/jbl.12364>
- Richey, R. G., Jr., Chowdhury, S., Davis-Sramek, B., & Giannakis, M. (2023). Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *Journal of Business Logistics*, 44(4), 532–549. <https://doi.org/10.1111/jbl.12364>
- Saraiva, F. A., & Yoshizaki, H. T. Y. (2024). Logistics demand forecasting: a literature review. *Transportation Research Procedia*, 79, 100-107.
- Soumpenioti, V., & Panagopoulos, A. (2023, September). AI Technology in the Field of Logistics. In *2023 18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP) 18th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation & Personalization (SMAP 2023)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/smap59435.2023.10255203>
- Wang, T., Chen, H., Dai, R., & Zhu, D. (2022). Intelligent logistics system design and supply chain management under edge computing and Internet of Things. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1823762. <https://doi.org/10.1155/2022/1823762>
- Yin, N. (2022). Multiobjective optimization for vehicle routing optimization problem in low-carbon intelligent transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(11), 13161-13170. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3193679>

SİGORTACILIK SEKTÖRÜNDE HİLE VE SUİSTİMALLER

Dr. Öğr. Üyesi Abdulaziz GÜLAY

*Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bankacılık ve Sigortacılık Programı
abdulaziz.gulay@marmara.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3519-002X*

ÖZ

Risk paylaşımı ve güven esasına dayalı finansal bir mekanizma olan sigortacılık, söz konusu işlevleriyle modern ekonomilerin ve finans sisteminin temel yapıtaşlarından birini oluşturmaktadır. Ancak karşılıklı azami iyi niyet ve güven ilkelerine dayalı bu mekanizma, doğası gereği asimetrik enformasyon sorunu barındırdığından hem sigorta şirketlerini hem de sigortalıları hedef alan hile ve suistimal vakalarına açıktır. Sigorta hileleri (insurance fraud); kasıtlı olarak yapılan aldatıcı ve yanıltıcı beyanlar, sahte hasar talepleri veya sistemin kötüye kullanımı ile haksız kazanç elde etme amacıyla gerçekleştirilen eylemleri ifade etmektedir. Bu tür hileler, sektörün maddi zarar görmesine sebep olurken aynı zamanda prim artışları, pazar güven kaybı ve kaynak israfı gibi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bu çalışmada, sigorta sektöründeki hile ve suistimal kavramları teorik çerçevede incelenmiş ve sigortalılar, sigorta şirketleri ve üçüncü şahıslar tarafından gerçekleştirilen dolandırıcılık yöntemleri açıklanmıştır. Ayrıca, Türk Ceza Kanunu ve Sigortacılık Kanunu başta olmak üzere Türkiye'deki mevcut yasal mevzuat analiz edilmiş ve yapay zekâ destekli tespit sistemleri ile yasal düzenlemeleri içeren çözüm önerileri ileri sürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sigorta Suistimleri, Hile, Sigortacılık Mevzuatı

Jel Kodları: K23, G22, G52

FRAUD AND SCAMS IN INSURANCE SECTOR

Assistant Professor Dr. Abdulaziz GÜLAY

*Marmara University, Vocational School of Social Sciences, Banking and Insurance Program
abdulaziz.gulay@marmara.edu.tr
ORCID: 0000-0003-3519-002X*

ABSTRACT

Insurance, a financial mechanism based on risk sharing and trust, constitutes one of the cornerstones of modern economies and financial systems with its functions. However, this mechanism, based on the principles of mutual good faith and trust, is inherently susceptible to fraud and scams targeting both insurance companies and insured ones due to the inherent problem of asymmetric information. Insurance fraud refers to actions carried out with the intent to obtain unjust enrichment through deliberate deceptive and misleading statements, false claims of damage, or misuse of the system. Such fraud causes financial damage to the sector while also leading to negative consequences such as premium increases, loss of market trust, and waste of resources. This study examines the concepts of fraud and scams in the insurance sector within a theoretical framework and explains the methods of fraud committed by insured persons, insurance companies, and third parties. In addition, the current legal regulations in Turkey, primarily the Turkish Penal Code and the Insurance Code, are analyzed, and solutions incorporating artificial intelligence-supported detection systems and legal regulations are proposed.

Key Words: Insurance Fraud, Scams, Insurance Legislation

Jel Codes: K23, G22, G52

1. Giriş

Sigorta sektörü, modern ekonomilerin sürdürülebilirliği için hayati bir öneme sahiptir. Bireylerin ve kurumların karşılaşabileceği risklerin finansal etkilerini minimize ederek ekonomik istikrarı sağlar. Ancak sigortacılık, "azami iyi niyet" prensibine dayanmasına rağmen, dünyada ve Türkiye’de en fazla suistimal edilen sektörlerden biridir. Sigorta dolandırıcılığı, sadece sigorta şirketlerinin karlılığını düşürmekle kalmamakta, aynı zamanda dürüst sigortalıların prim yükünü artırarak toplumsal refah kaybına yol açmaktadır. Riskin transferi yoluyla ekonomik istikrarı sağlayan ve kritik bir finansal sistem olan sigortacılık sektörü, tarih boyunca "haksız kazanç sağlama" dürtüsüyle hareket eden aktörlerin hedefi olmuştur. Sigorta hilesi, sigorta sözleşmesi kapsamında olmayan bir zararın varmış gibi gösterilmesi veya var olan bir zararın miktarının kasten büyütülerek tazminat talep edilmesidir (Hayırsever Baştürk, 2020). Uluslararası Sigorta Suistimalleri Bürosu (IASB) verilerine göre, dünya genelinde ödenen tazminatların yaklaşık %10-15’inin suistimal içerdiği tahmin edilmektedir (Lipi, 2024).

Hile ve suistimal vakaları, finansal sistemin güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak açısından kritik bir rol üstlenen sigortacılık sektöründe karşılaşılan en büyük tehditlerden birini teşkil etmektedir. Sigorta hileleri; sigortalıların, sigorta şirketlerinin veya üçüncü tarafların kasıtlı olarak yanlış beyanlarda bulunarak haksız kazanç elde etmeye çalıştığı durumları kapsamaktadır (Lesch ve Brinkmann, 2011:19-20). Bu tür eylemler, sadece şirketlerin finansal kayıplarına yol açmakla kalmamakta, aynı zamanda primlerin artmasına ve toplumda sigortaya olan güvenin azalmasına neden olmaktadır (Parwat vd., 2016:17). Türkiye’de de son yıllarda sigorta suistimalleriyle mücadele kapsamında mevzuatta önemli değişiklikler yapılmış ve yeni teknolojik çözümler devreye alınmıştır (Şirin, 2020). Bu çalışmada; sigorta sektöründe hile ve suistimalin tanımı, türleri, gerçekleşme biçimleri, mevcut mevzuat çerçevesi ve hem sigorta şirketleri hem de sigortalılar açısından karşılaşılan başlıca sorunlar ile çözüm önerileri detaylı şekilde ele alınmıştır.

2. Sigorta Hile ve Suistimallerinin Kavramsal Çerçevesi

Sigortacılıkta hile (fraud), sigorta sözleşmesi kapsamında gerçek dışı veya yanıltıcı bilgi verilmesi, hasarların kasıtlı olarak abartılması veya sahte taleplerin oluşturulmasıdır. Türkçe’de dolandırıcılık, hile ve sahtekarlık gibi anlamlara gelen İngilizce “Fraud” kelimesi, tarafları yanlış yönlendirerek haksız menfaat elde etme eylemlerini kapsayan bir terimdir. Sigorta hilesi; kasıtlı olarak yanlış bilgi verilmesi veya gerçeklerin gizlenmesi yoluyla sigorta şirketinden haksız menfaat elde etme girişimi olarak tanımlanmaktadır (Davis, 2002). Hileli eylemler, sigorta sözleşmesinde doğru olmayan beyanlarla avantaj sağlama, sahte hasar talebinde bulunma veya hakkı olmayan tazminat taleplerini içermektedir. Sektörde hile olaylarıyla doğrudan ilişkili bir diğer kavram olan suistimal ise, sigorta poliçesi kapsamında olmayan durumların poliçe kapsamında gösterilmesi veya sigorta şirketinin zararına olacak şekilde davranılmasıdır.

Sigortacılıkta hile ve suistimaller genellikle kasıtlı olarak yapılan, sistemi yanıltmaya ve maddi çıkar sağlamaya yönelik davranışları içermektedir. Bu eylemler genellikle üç temel kategori üzerinden incelenmektedir. Bunlar; poliçe satın alma sürecindeki sahtecilikler, hasar talep edilme aşamasındaki manipülasyonlar ve sigorta şirketleri içerisindeki organizasyonel hilelerdir. Söz konusu hile olaylarının her biri, farklı mekanizmalarla gerçekleşmekte ve özgün risk faktörleri taşımaktadır. Örneğin, sahte poliçe düzenlemeleri veya hasar bildirimlerinde yapılan yalan beyanlar, genellikle sistemdeki denetimsizlikten veya bilgi eksikliğinden kaynaklanırken, örgütsel hileler, iç kontrollerin yetersizliği ve etik sorunlar nedeniyle ortaya

çıkılmaktadır (Debener vd., 2023). Sigortacılık faaliyetlerinde hile ve suistimaller, kaynağı ve yapılış biçimleri göz önünde bulundurulduğunda genel olarak iki temel grupta sınıflandırılmaktadır.

3. Hile Türleri

Hile ve dolandırıcılık olaylarının türleri, sigortacılık sektöründe karşılaşılan etik dışı uygulamaların çeşitliliğini ve karmaşıklığını yansıtmaktadır. Bu olaylar genel olarak poliçe satın alma sürecinde, hasar talep edilirken, sektör içi organizasyonel yapılar içerisinde veya teknolojik altyapıya dayalı olarak ortaya çıkabilir. Poliçe satın alma aşamasındaki hileler, sigortalı adaylarının bilgileri manipüle ederek düşük prim ödemeleri veya sahte belge ve bilgi kullanımıyla kendilerini daha avantajlı hale getirilmesini içerir. Bu durumda, sigorta şirketleri rüşvet, sahte beyan veya geçmişteki kaza ve risklerin gizlenmesi gibi yöntemlerle zarar görebilir.

Hasar talep aşamasında ise, sigortalıların gerçek olmayan ya da abartılı taleplerle tazminat alımını amaçladığı durumlar öne çıkar. Sahte hasar dosyaları, zararların kasıtlı olarak büyütülmesi veya hayali olayların uydurulması şeklinde gerçekleşebilir. Özellikle kaza, yangın veya hırsızlık gibi olayların rapor edilmesi sırasında yapılan yalan beyanlar, sigorta şirketlerinin hem finansal hem de itibar açısından ciddi zorluklarla karşılaşmasına sebep olur.

Organizasyonel hileler ise sektör içi etik dışı uygulamalar, örneğin, bazı çalışan veya acente temsilcilerinin bilinçli şekilde zarar nötr hale getirilmiş dosyaları onaylaması veya zararları gizlemesiyle ortaya çıkar. Bu tip hileler, şirket içindeki denetim eksikliği veya kontrol mekanizmalarının zayıflığı sebebiyle sıklıkla suistimal edilir.

Dijital çağın getirdiği olanaklar ve teknolojik gelişmelerle birlikte dolandırıcılık ağları da önemli bir boyut kazanmaktadır. Kişisel verilere izinsiz erişim, siber saldırılar veya yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerini kullanarak sahte talepler oluşturmak gibi yöntemler, özellikle teknolojiyi kullanma becerisine sahip suç örgütlerinin faaliyet alanını genişletmektedir. Bu tür suistimaller hem finansal kayıplar hem de sektör güvenilirliğinin sarsılması açısından kritik öneme sahiptir.

Sigortacılık faaliyetlerinde meydana gelen hile olaylarında, sigorta sözleşmesinin taraflarından biri veya üçüncü şahıslar, yasa dışı bir menfaat sağlamak amacıyla kasıtlı olarak diğer tarafı yanıltıcı eylemlerde bulunmaktadır. Literatürde bu eylemler genellikle "Sert Hile" (Hard Fraud) ve "Yumuşak Hile" (Soft Fraud) olmak üzere iki ana kategoride incelenmektedir.

3.1. Sert Hile

Sert hile, bir hasarın veya rizikonun hiç gerçekleşmediği halde varmış gibi gösterilmesi ya da kasten yapılmasıdır. Bu tür usulsüzlükler, önceden planlanmış, organize ve suç kastı yüksek eylemleri içerir. Örneğin, yangın sigortası olan bir binanın sigorta bedelini almak için kasten yakılması (kundaklama) veya gerçekleşmemiş bir trafik kazası için tutanak düzenlenmesi sert hile kapsamındadır (Derrig, 2002). Azami iyi niyet prensibine tamamen aykırı olarak gerçekleştirilen bu hile vakaları, genellikle sigorta şirketinden haksız yere tazminat almak amacıyla yapılmaktadır. Bu tür hileler nispeten daha az görülmele birlikte yüksek maddi zarar oluşturmaktadır (Cordarov vd., 2023).

3.2. Yumuşak Hile

Yumuşak hileler, mevcut ve gerçek bir hasarın miktarını abartmak veya poliçe düzenlenirken doğru beyan yükümlülüğüne aykırı davranmak gibi daha yaygın fakat daha düşük ölçekteki hilelerdir. Kasko sigortasında kaza gerçekleştiğinde hasarın olduğundan fazla gösterilmesi

veya poliçenin düzenlenmesi sürecinde aracın hasar geçmişini gizlemek yumuşak hile vakalarına örnek verilebilir (Ribeiro vd., 2020)

Yumuşak hile, genellikle "fırsatçı dolandırıcılık" olarak adlandırılmaktadır. Burada gerçek bir hasar veya kaza mevcuttur; ancak sigortalı, hasarın miktarını abartarak sigorta şirketinden gerçek zararından fazlasını talep eder. Örneğin, bir trafik kazasında hafif hasar gören bir parçanın, kaza öncesinde de bozuk olduğu halde kaza sonucu bozulmuş gibi gösterilmesi veya tedavi masraflarının şişirilmesi bu kategoriye girer. Tennyson (2008), toplumda yumuşak hilenin sert hileye göre daha "kabul edilebilir" görüldüğünü ve bu durumun sigorta hileleriyle mücadeleyi zorlaştırdığını ileri sürmüştür (Crocker & Tennyson, 2002). Ayrıca sağlık sigortalarında görülen "hayali faturalandırma", tıbben gerekli olmadığı halde yapılan hizmet sunumu, "kimlik sahtekarlığı" gibi eylemler yaygın olarak görülen yumuşak hile vakalarıdır (Ortega vd., 2021).

4. Sigorta Hilelerinin Failleri ve Gerçekleşme Biçimleri

Sigorta hileleri, eylemi gerçekleştiren kişilerin kimliğine göre sigortalılar tarafından yapılan hileler, sigorta şirketleri/aracıları tarafından yapılan hileler ve üçüncü şahıslar (hizmet sağlayıcılar) tarafından yapılan hileler olmak üzere üç ana başlıkta toplanmaktadır.

4.1. Sigortalılar veya Sigorta Ettiren Tarafından Yapılan Hileler

Sigortalıların gerçekleştirdiği hileler, genellikle sözleşmenin akdedilmesi aşamasında ve tazminat ödemesi alma sürecinde yoğunlaşmaktadır. Sahte veya abartılı tazminat talepleri, sigorta poliçesinin kötüye kullanımı, sigorta konusu menfaate kasten zarar verme, geçmiş tarihli poliçe düzenleme, yanıltıcı veya gerçeğe aykırı beyanda bulunma eylemleri sigortalılar tarafından gerçekleştirilen başlıca hile ve suistimal türleridir (Lesch & Brinkmann, 2011).

Sahte veya abartılı hasar taleplerinde sigortalı, gerçek olmayan bir hasar bildirir ya da gerçek hasarı abartarak tazminat talebinde bulunur. Sigortalı, bilgi saklama yoluna gittiğinde veya yanıltıcı beyanatta bulunduğu rizikoyu olduğundan farklı göstererek daha düşük prim ödemeye çalışmaktadır. Kaskoda çalınmamış bir aracın çalındığını beyan etmek veya kaybolmamış değerli eşyalar için kayıp bildirimini yapmak sahte hasar beyanına örnek gösterilebilir. Geçmiş tarihli poliçe düzenlemelerinde ise sigortalı, tazminat alabilmek için hasar gerçekleştikten sonra hasar tarihini poliçe başlangıç tarihinden sonraya denk getirecek şekilde ayarlamaya çalışmaktadır. Bu durumda riziko gerçekleştikten sonra poliçe yaptırılarak hasar yeniymiş gibi gösterilmekte ve hasar teminat altına alınmaktadır. Hasar miktarını şişirme (padding) sigortalılar tarafından yapılan en yaygın hile türleri arasındadır. Şişirme en basit tanımıyla, rizikonun gerçekleşmesi sonucunda hasar görmeyen eşyaların da listeye eklenmesi veya onarım maliyetlerinin olduğundan yüksek gösterilmesidir (Yıldırım, 2013).

Sigortacılık sektöründe sigortalılar tarafından yapılan ve maliyetleri en çok yükselten hile türü, sigorta konusu menfaate bizzat sigortalı tarafından kasıtlı olarak zarar verilmesi ve menfaatin kısmen veya tamamen bilerek zayi edilmesi eylemleridir. Bu eylemler, sigortalanan mal varlığının ekonomik değeri düştüğünde veya nakit ihtiyacı doğduğunda doğrudan sigortalı veya sigorta ettiren tarafından kasten hasara uğratılmasını içermektedir. Özellikle ekonomik kriz dönemlerinde bu tip vakalarda artış gözlemlenmektedir. Kasıtlı zararların en belirgin örnekleri genellikle oto sigortalarında görülmektedir. Kasko ve trafik branşlarında sigorta şirketinden haksız tazminat kazancı elde etmek amacıyla, sigortalı iki veya daha fazla aracın anlaşmalı olarak çarpıştırılması suretiyle mizansen kazalar üretilebilmektedir. Çoğu durumda sebepsiz zenginleşmeye yol açan sigortalı kaynaklı hile ve suistimal vakaları, azami iyi niyet prensibine tamamen aykırıdır ve birçok türü yasal mevzuatta suç teşkil etmektedir (Viaene & Dedene, 2004).

4.2. Sigorta Şirketleri ve Aracıları Tarafından Yapılan Hileler

Sektörde güveni en çok sarsan durum, riski üstlenen ve teminat hizmeti veren sigorta şirketleri ve aracı kurumlar olan acenteler tarafından gerçekleştirilen hilelerdir. Bu hileler genellikle sigortacının sözleşmenin akdedilmesi safhasında aydınlatma yükümlülüğünü tam olarak yerine getirmemesi, sözleşme koşullarının gizlenmesi veya yanıltıcı bilgilendirme yapılması, tazminat ödemelerinin haksız olarak reddedilmesi veya geciktirilmesi, prim tutarlarının aktüeryal açıdan yanlış hesaplanması, varlıkların kaçırılması, sigortacının sigortalıya karşı sözleşmeden doğan yükümlülüklerini ihlal ve ihmâl etmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Sigorta şirketleri bazı durumlarda sigortalıların tazminat taleplerini çeşitli bahanelerle sözleşme şartlarına ve mevzuata aykırı şekilde reddedebilmektedir. Türkiye’de sigortalılar ile sigorta şirketleri arasında çıkan ve yargıya intikal eden uyuşmazlıkların önemli bir kısmı hasar ve tazminat ödeme süreçlerinde gerçekleşmektedir. Sigortacının tazminatı ödemesi gerektiği halde ödememesi, kısmen ödemesi veya ödemeyi geciktirmesi sigortalılarda mağduriyetlere yol açmakta ve bu durum sigortalıların ekonomik statüsünü kötüleştirmektedir (Çetin & Alpaya, 2019). Sigorta şirketlerinin sebep olduğu suistimal ve mağduriyetler toplumun sigorta kurumlarına olan ilgi düzeyini ve duyduğu güveni derinden zedelemektedir. Bazı durumlarda aktüeryal süreçlerde sigorta primlerinin hatalı belirlenmesi sonucu sigorta ettirene ödemesi gerekenden fazla prim ödemesi yansıtılabilmektedir. Varlıkların kaçırılması (sliding), sigorta şirketinin iflas etmeden önce veya denetimden kaçırmak amacıyla şirket varlıklarını paravan şirketlere aktarmasıdır (Kerim ve Cula, 2023).

Hile olaylarının bir kısmı sektörde aracı rolü üstlenen acente ve brokerlar tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bunların başında prim hırsızlığı gelmektedir. Prim hırsızlığı (premium diversion), sigorta acentesinin veya brokerinin müşteriden tahsil ettiği primi sigorta şirketine aktarmayıp zimmetine geçirmesidir. Bu durumda müşteri sigortalı olduğunu sanırken aslında geçerli bir poliçesi yoktur. Sigorta aracıları tarafından gerçekleştirilebilen bir diğer usulsüzlük yöntemi olan gereksiz poliçe yenileme (churning) ise aracıların sadece komisyon geliri elde etmek amacıyla, müşterinin mevcut poliçesini iptal edip yerine şartları daha kötü veya gereksiz yeni bir poliçe satmasıdır (Ortega vd., 2021). Sigorta şirketleri, acenteler ve brokerlar tarafından yapılan hile ve suistimaller, sigorta hizmetinin maliyetini yükselterek sigortalıların ödemesi gereken prim tutarlarını arttırmaktadır. Bu durum genel olarak toplumun sigortaya ve sigortacılık sistemine olan güveninin ve talebinin azalmasıyla sonuçlanmaktadır (Wilson, 2009:3)

4.3. Üçüncü Taraflar ve Organize Suç Örgütleri Tarafından Yapılan Hileler

Üçüncü taraflarca yapılan hileler, genellikle organize suç örgütleri, oto tamirhaneleri, özel sağlık hizmet sunucuları ve avukatların gerçekleştirdiği usulsüzlükleri içermektedir. Bu hilelerin önemli bir kısmı özel sağlık sigortalarında görülmektedir. Sigorta şirketiyle anlaşmalı olan özel sağlık hizmet sunucularında doktorların yapılmayan tedavileri yapılmış gibi göstermesi, hastaya tıbben gerekli olmadığı halde lüzumsuz tahlil ve ameliyatlara yaparak sigorta şirketini faturalandırması üçüncü taraf olan hastane kaynaklı hile ve suistimal vakalarına örnektir (Brooks & Stiernstedt, 2021). Bazı suistimaller, organize suç yapıları tarafından gerçekleştirilmektedir. Örneğin, sahte kazalar düzenlemek veya sahte hasar kanıtı yaratmak gibi karmaşık yöntemler bu kategoriye girer. Oto sigortalarında yaygın olarak görülen bu vakalarda, tamirhanelerin orijinal parça yerine yan sanayi veya çıkma parça kullanıp sigorta şirketine orijinal parça faturası kesmesi gibi tamirhane dolandırıcılıkları yaşanmaktadır.

Sigorta sektöründe organizasyonel hileler, kurum içi yapısal zayıflıklar ve süreçlerdeki usulsüzlüklerle kendini göstermektedir. Bu tür hileler genellikle şirketlerin kurum kültürü, denetim mekanizmaları ve risk yönetimi uygulamalarındaki eksiklikler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Organizasyonel hatalar ve ihmaller, çalışanların suistimallere yatkınlığını

arttırırken, şirketlerin mali ve itibar kayıplarına yol açmaktadır. Örneğin, hasar değerlendirme süreçlerinde yeterli denetimin sağlanmaması veya çalışanlar arasında etik olmayan davranışların teşvik edilmesi, organizasyonel hilelerin yaygınlaşmasına zemin hazırlar.

5.Sigorta Hileleri ve Yasal Mevzuat

Türkiye’de sigortacılık sektörü, 5684 sayılı Sigortacılık Kanunu ve ilgili yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Sigortacılık Kanunu, sigorta sözleşmelerinin esaslarını, tarafların hak ve yükümlülüklerini belirlerken, hile ve suistimallerle mücadele için de çeşitli hükümler içermektedir. Bu kanun çerçevesinde Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi (SBM) aracılığıyla sigorta verilerinin toplanması, saklanması ve suistimal tespitine yönelik düzenlemeler yapılmıştır. SBM, suistimalin tespiti, risk değerlendirmesi ve bilgi paylaşımını düzenlemektedir. Mevzuat ayrıca yanlış sigorta uygulamalarının tespiti, bildirim ve kayıt süreçlerini düzenleyen yönetmelikler içerir. Bu düzenlemeler hileli faaliyetlerin raporlanmasını ve hukuki takibini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca Türk Ceza Kanunu kapsamında dolandırıcılık suçları ile ilgili hükümler sigorta sektöründeki hile vakalarına uygulanabilmektedir. Sigorta dolandırıcılığı tespit edildiğinde hem idari yaptırımlar hem de ceza hukuku yaptırımları devreye girmektedir.

Türkiye’de sigorta dolandırıcılığı ile mücadele, Türk Ceza Kanunu (TCK), Türk Ticaret Kanunu (TTK) ve Sigortacılık Kanunu çerçevesinde yürütülmektedir.

5.1. Türk Ceza Kanunu

Türk Ceza Kanunu’nun 158. maddesi doğrudan sigorta bedelini almak maksadıyla işlenen suçları düzenler. Sigorta hile ve suistimalleri, TCK’nın 158. maddesinin 1. fıkrasının (k) bendinde "Nitelikli Dolandırıcılık" olarak tanımlanmıştır. Bu maddeye göre, "sigorta bedelini almak maksadıyla," dolandırıcılık suçunun işlenmesi halinde, verilecek ceza üç yıldan on yıla kadar hapis ve beş bin güne kadar adli para cezasıdır. Bu madde, sigorta şirketini aldatarak haksız menfaat temin eden kişilerin ağır ceza mahkemelerinde yargılanmasını öngörür. Ayrıca suçun örgütlü işlenmesi durumunda cezalar artırılmaktadır. Kanunda “nitelikli dolandırıcılık” kapsamında değerlendirilmekte olan sigorta hileleri, son yıllarda yapılan düzenlemelerle “ağırlaştırılmış dolandırıcılık” olarak ayrıca tanımlanmıştır (Hayırsever Baştürk, 2020).

5.2. Türk Ticaret Kanunu (TTK)

6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu, sigorta sözleşmelerinde "beyan yükümlülüğünü" esas almaktadır. Kanunun 1435’inci maddesi sözleşme akdedilmesi sürecinde doğru beyan yükümlülüğünü içermektedir. Bu maddeye göre sigorta ettiren, sözleşme yapılırken bildiği veya bilmesi gereken tüm önemli hususları sigortacıya bildirmekle yükümlüdür. Kasten yanlış beyanda bulunulması durumunda sigortacı sözleşmeden cayabilir ve prim talep edebilir. Kanun’un 1446’ncı maddesinde ise riziko artışına ilişkin hususlar ve yaptırımlar düzenlenmiştir. Sözleşme süresince riskin arttığı durumların bildirilmemesi de tazminatın ödenmemesi veya eksik ödenmesi sonucunu doğurmaktadır.

5.3. Sigortacılık Kanunu

5684 sayılı Sigortacılık Kanunu, temel olarak sektörün işleyişi, sigorta şirketlerinin faaliyete başlama, teşkilat, yönetim, çalışma esas ve usulleri ile faaliyetlerinin sona ermesi ve denetlenmesine ilişkin hususları düzenlemektedir. Kanun’un 32. maddesi, sigorta suistimallerine ilişkin verilerin paylaşılmasını ve Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi (SBM) bünyesinde toplanmasını zorunlu kılmaktadır. Kanun, özellikle Yanlış Sigorta

Uygulamalarının Tespiti, Bildirimi, Kaydı ve Bu Uygulamalarla Mücadele Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik ile sigorta şirketlerine ve Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi'ne önemli yetkiler vermiştir. Bu yönetmelik, sigorta şirketlerinin şüpheli işlemleri bildirmesini zorunlu kılar.

Sigorta hileleri, Avrupa Birliği ülkelerinde çoğunlukla özel maddelerle düzenlenmiş olup bu usulsüzlüklere karşı ulusal bürolar aracılığıyla kolektif mücadele yürütülmektedir. Uluslararası düzeyde veri paylaşım platformları ve ortak standartlar öne çıkmaktadır (Sobkovich, 2025).

6. Hile ve Suistimal Vakalarının Sigortacılık Sektörüne Etkileri

Hile ve suistimallerin sigortacılık sektörüne ve finansal sisteme etkileri oldukça olumsuz olmaktadır. Bazı ülkelerde sigorta sektöründeki hasar ödemelerinin %10-%15'inin suistimalden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu durum, sektör maliyetlerini artırarak prim seviyelerine yansımakta ve dürüst sigortalıların daha yüksek prim ödemesine neden olmaktadır. Sigorta hilelerini tetikleyen faktörler çoğunlukla psikolojik, sosyolojik ve ekonomiktir. Bu faktörlerin başında ekonomik baskı gelmektedir. Mevcut makroekonomik koşullar sebebiyle kişilerin borç yükünün artması veya gelir kaybı yaşaması, sigorta tazminatını bir "çıkış yolu" olarak görmelerine ve bu sebeple sebepsiz zenginleşmeye teşebbüs etmelerine neden olabilmektedir. Ayrıca, toplumun sigorta şirketlerine ve sigortacılık sistemine yönelik algısı da suistimallere zemin hazırlayan bir diğer unsurdur. Robin Hood Sendromu olarak da adlandırılan bu durum, sigortalıların sigorta şirketlerini çok zengin ve kâr odaklı kurumlar olarak görmesine ve onlardan haksız para almanın ahlaki yükünü hafifletmesine yol açmaktadır (Crocker & Tennyson, 2002). Sektörde bireyleri hile ve suistimallere yönlendiren bir diğer faktör ise mevzuattaki aksaklıklar ve denetim eksikliğidir. Yasal süreçlerin yavaş işlemesi ve ispat yükümlülüğünün zorluğu, dolandırıcıları cesaretlendirmektedir.

Hile ve suistimal vakalarının sigorta sektörüne doğrudan en önemli etkisi prim artışlarıdır. Sigorta şirketleri, artan hasar maliyetlerini (dolandırıcılık kaynaklı olanlar dahil) primlere yansıtmaktadır. Bu durum, dürüst sigortalıların daha fazla prim ödemesine neden olur. Sigorta usulsüzlüklerinin sektör üzerindeki bir diğer önemli etkisi ise rezerv sorunlarıdır. Şirketlerin aktüeryal süreçlerini aksatan beklenmedik hasar ödemeleri, sigorta şirketlerinin teknik karşılıklarını yetersiz bırakabilmekte ve finansal yapılarını bozabilmektedir. Sigorta hilelerinin sektöre olan belki de en yıkıcı etkisi ise toplumda sigorta kurumlarına olan güven kaybıdır. Sık yaşanan dolandırıcılık olayları ve buna bağlı olarak şirketlerin hasar ödemedede zorluk çıkarması, toplumun sigorta sistemine olan ilgisini ve güvenini azaltmaktadır.

7. Sigorta Hileleri ile Mücadele Yöntemleri ve Çözüm Önerileri

Günümüzde sigorta hileleri ile mücadele, çok boyutlu yaklaşımı ve kolektif sorumluluk almayı gerektirmektedir. Bu doğrultuda yasal düzenlemelerle birlikte teknolojik altyapının geliştirilmesi ve kurumsal iş birliklerinin artırılması kilit rol oynamaktadır. Özellikle büyük veri ve yapay zekâ başta olmak üzere teknolojik sistem ve uygulamaların sektöre daha fazla entegre edilmesi hile ve suistimallerle mücadelede önemli katkı sağlamaktadır.

Günümüzde "InsurTech" kavramı ile birlikte sigorta hilelerinin tespitinde devrim niteliğinde gelişmeler yaşanmaktadır. Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve veri madenciliği teknolojileri, suistimal tespiti için güçlü araçlar sunmaktadır. Sigorta işlemlerinde gelişmiş modelleme ve istatistiksel analizlerle şüpheli davranış kalıpları ortaya çıkarılabilmekte ve proaktif önlemler alınabilmektedir. Sigorta hileleriyle mücadelede aşağıda sıralanan teknolojik araç ve modeller etkin şekilde kullanılabilir:

- Veri Madenciliği ve Yapay Zekâ (AI): Sigorta şirketleri, yapay zekadan faydalanarak geçmiş hasar verilerini kullanarak "anomali tespiti" yapan algoritmalar geliştirebilmektedir. Örneğin, bir kişinin sürekli farklı şirketlerden kısa aralıklarla hasar alması sistem tarafından otomatik olarak "kırmızı bayrak" (red flag) olarak işaretlenmektedir.
- Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi: Poliçelerin ve hasar geçmişinin blokzincir üzerinde tutulması, verilerin geriye dönük değiştirilmesini engeller. Bu durum, özellikle "çifte sigorta" yoluyla aynı hasardan iki kez tazminat almayı önlemektedir. Blokzincir, gelecekte sigorta dolandırıcılığını bitirebilecek en güçlü aday teknolojilerden biri olarak görülmektedir. Blokzincir üzerinde çalışan "Akıllı Sözleşmeler", hasar gerçekleştiğinde insan müdahalesi olmadan ödemeyi tetikleyebilir veya reddedebilir. Bir poliçenin veya hasar geçmişinin blokzincire işlenmesi, bu kaydın geriye dönük değiştirilmesini imkânsız hale getirmektedir. Bu durum, geçmiş tarihli poliçe düzenleme veya hasar geçmişini silme gibi dolandırıcılıkları teknik olarak sona erdirmektedir. Ayrıca tüm paydaşların (sigortacı, tamirci, hastane) aynı dağıtık defteri görmesi, mükerrer faturalandırmayı engellemektedir.
- Tahmine Dayalı Modelleme (Predictive Modeling): Bu modelde geçmiş dolandırıcılık verileri kullanılarak oluşturulan algoritmalar, yeni gelen hasar dosyalarını analiz eder ve risk skoru verir. Yüksek riskli dosyalar otomatik olarak incelemeye alınmaktadır (Morley vd., 2006).
- Sosyal Ağ Analizi (SNA): Dolandırıcılık vakaları bazı durumlarda organize faaliyetlerdir. SNA, hasar dosyalarındaki kişiler (sürücü, mağdur, tamirci, doktor, avukat) arasındaki gizli bağlantıları ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, farklı kazalarda sürekli aynı avukatın ve tamirhanenin yer alması, organize bir suç şebekesini işaret edebilir.
- Görüntü İşleme ve Telematik: Araçlara takılan telematik cihazlar (kara kutu) kazanın hızını, yerini ve şiddetini kaydetmektedir. Bu veriler, beyan edilen hasar oluş şekliyle uyuşmazsa sistem uyarı vermektedir.

Sigorta suistimalleriyle mücadelede teknolojik uygulama yöntemlerine ek olarak yeni hukuki ve düzenleyici tedbirler yoluyla mevcut yasal mevzuatın güçlendirilmesi kritik önemdedir. Bu bağlamda hile ve suistimal vakalarını önlemek ve azaltmak amacıyla hukuki mevzuatta aşağıda sıralanan çözüm önerileri hayata geçirilebilir:

- Nitelikli dolandırıcılık suçlarında hapis cezalarının alt sınırı artırılmalı ve bu suçlar "uzlaşma" kapsamından çıkarılmalıdır. TCK'daki cezaların alt sınırının artırılması ve dolandırıcılık yoluyla elde edilen mal varlıklarına daha hızlı el konulması sigorta hilelerinde caydırıcılığı güçlendirecektir.
- Sigorta şirketleri bünyesinde, sadece dolandırıcılık tespiti üzerine uzmanlaşmış birimler kurulmalıdır. Bu birimlerde eski polisler, dedektifler ve adli bilişim uzmanları çalıştırılmalıdır. Türkiye'de bu yapıların sayısı artmakla birlikte, yetkileri yasal olarak daha net tanımlanmalıdır.
- Hasar ve tazminat süreçlerinde eksper incelemesi ve ihbar hattı gibi geleneksel yöntemler modern suistimalleri yakalamakta zaman zaman yetersiz kalmaktadır. Bu doğrultuda ortak suistimal veri tabanı kurularak SBM'nin yetkileri artırılmalı ve tüm finansal kurumlarla (bankalar, hastaneler, emniyet) tam entegrasyon sağlanmalıdır. Türkiye'de SBM çatısı altındaki TRAMER (Trafik Sigortaları Bilgi Merkezi), tüm sigorta şirketlerinin verilerini ortak bir havuzda toplar. Bu havuz, bir aracın veya kişinin geçmiş hasar frekansını, mükerrer hasar taleplerini anında tespit etmeye olanak sağlar. Bu veri paylaşımının kapsamı genişletilmeli, sağlık ve hayat sigortaları için de benzer entegre sistemler (SAGMER gibi) daha etkin kullanılmalıdır.

- Sigorta şirketlerinin raporlama yükümlülükleri artırılmalı ve açık veri paylaşım mekanizmaları kurulmalıdır.
- TCK'nın 158'inci maddesi kapsamında dava açılabilmesi için "kasıt" unsurunun şüpheye yer bırakmayacak şekilde ispatı gerekir. Hukukumuzda "şüpheden sanık yararlanır" ilkesi geçerli olduğundan, sigorta şirketleri bazen hileden emin olsalar bile, delil yetersizliği nedeniyle ödeme yapmak zorunda kalabilmektedir. Bu noktada, sigorta dedektifliğinin yasal statüsünün netleşmesi, delil toplama kapasitesini artıracaktır.

Teknoloji ve hukuki mevzuatla ilgili girişimlere ek olarak, sigorta eğitimi ve toplumda sigorta farkındalığının yükseltilmesi hile ve suistimallerin önlenmesinde etkili olan diğer önemli unsurlardır. Sigorta şirketleri, acenteler ve sigortalılar arasında farkındalık oluşturmak, hile risklerini azaltmada etkilidir. Eğitim programları, etik standartların pekiştirilmesi ve erken uyarı sistemleri bu kapsamda değerlendirilebilir. Ayrıca paydaşlar arasında sektörel iş birliklerinin sayısı artırılmalıdır. Ulusal ve uluslararası düzeyde bilgi paylaşım ağları ve ortak suistimal veri tabanları oluşturmak, hileli faaliyetlerin tespitini kolaylaştıracaktır. Sigorta Suistimalleri Bilgi Paylaşım Sistemi (SİSBİS) gibi inisiyatifler bunun en somut örneğidir.

Sigorta sektörüne dair yapılan araştırmalar, sigortacılıkta hile ve suistimal vakalarının hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde ciddi ekonomik kayıplara yol açtığını göstermektedir Türkiye'de SİSBİS gibi sistemlerle veri paylaşımı artırılmış olsa da henüz tespit oranları istenen seviyeye ulaşamamıştır (Şirin, 2020). Avrupa'da ise kolektif güvenlik yaklaşımıyla tüm şirketlerin ortak hareket etmesi başarıyı artırdığı görülmektedir (Sobkovich, 2025). Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı tespit sistemleri sayesinde tespit oranlarında ciddi artış sağlanmaktadır (Khan, 2025). Ayrıca çalışan kaynaklı iç suistimallerin önlenmesinde kurumsal kültürün güçlendirilmesi gerekmektedir 45.

Sonuç

Sigortacılık sektöründe hile ve suistimaller hem sektörün ekonomik sürdürülebilirliğini hem de sigortalıların haklarını doğrudan etkileyen önemli sorunlardır. Hileli talepler artan maliyetlere, güven kaybına ve kaynak israfına yol açmaktadır. Bu sorunların kökeni, sigortalı ve sigorta şirketleri arasındaki karşılıklı beklentilerin, çıkar çatışmalarının ve bilgi asimetrisinin bulunmasında yatmaktadır. Hileler, genellikle sigorta talebinde art niyetli beyanlar, hasar taleplerinde sahte veya götürü maliyetlerin yansımaları ve gizli anlaşmalar gibi çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, hem finansal kayıplara hem de sigorta sektörünün genel itibarına zarar vermektedir. Ayrıca, teknolojik ilerlemelerin getirdiği yeni suistimal türleri de sektörde karşılaşılan hilelerin çeşitliliğini artırmıştır; örneğin, sahte hasar raporları ve dijital dolandırıcılık faaliyetleri bunların başında gelmektedir.

Mevcut mevzuat, sigorta hile ve suistimallerine karşı alınacak önlemler konusunda temel hükümleri içermektedir. Türkiye'de Sigorta Hukuku ve denetim mekanizmaları, hileleri tespit etmek ve caydırıcı tedbirler almak amacıyla düzenlenmiş olup, sigorta şirketlerinin suistimalleri bildirme zorunluluğu ve suç teşkil eden eylemler için hukuki yaptırımlar öngörülmektedir. Buna ek olarak, suistimal tespiti ve bildirim prosedürleriyle ilgili düzenlemeler, sektör aktörlerinin şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri çerçevesinde hareket etmesini sağlar. Ancak, düzenleyici otoritelerin denetim kapasitesinin sınırlı kalması ve teknolojik gelişmelerin hızlı ilerlemesi, mevzuatın yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, mevzuatın sürekli güncellenmesi ve etkin denetim mekanizmalarının kurulması, problemlerin çözümünde kritik öneme sahiptir. Ayrıca, uluslararası standartlar ve

uygulamalarla uyum sağlanması da sektördeki hile oranını azaltmada etkili bir yöntem olarak görülmektedir.

Sonuç olarak sigortacılıkta hile ve suistimaller, sektörde güvenlik ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir risk teşkil etmektedir. Bu sorunlara karşı alınacak önlemler, sadece hukuki ve idari düzenlemelerle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda teknolojik altyapının güçlendirilmesi, eğitim ve farkındalık faaliyetlerinin artırılmasıyla desteklenmelidir. Güçlü veri analitiği, makine öğrenmesi ve uluslararası iş birlikleri, geleceğe dönük proaktif çözümler sunacaktır. Sigorta şirketleri ve sigortalılar arasındaki güvenin tesis edilmesi, sektörün sağlıklı işleyişi açısından vazgeçilmezdir. Dolayısıyla, etkin mücadele stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması hem sektörel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilir bir sigorta ortamının inşasında temel unsurlardan biri olarak önem kazanmaktadır. Kamu, özel sektör ve akademi iş birliğiyle kurulacak bir "anti-fraud" ekosistemi, Türkiye'nin sigorta penetrasyon oranını da pozitif yönde etkileyecektir

Kaynakça

- Brooks, G. & Stierstedt, P. (2021). The private healthcare insurance sector: A victim of fraud. *Journal of Criminology*, 55(1):125-139.
- Cordarov, T., Malinovic, M. & Ceranic, M. (2023). Insurance fraud as a form of economic crime and the methods for combating it. *Pravo - Teorija i Praksa*, 40(2):124-137.
- Crocker, K. J. & Tennyson, S. (2002). Insurance fraud and optimal claims settlement strategies. *Journal of Law and Economics*, 45(2):469-507.
- Çetin, A. & Alpay, S. (2019). Türkiye’de sigorta hilelerinin seyri. *Mali Çözüm*, 30(157):13-24.
- Davis, M. (2002). Insurance fraud. In *The concise dictionary of crime and justice* (pp. 137-137).
- Debbene, J., Heinke, V. & Kriebel, J. (2023). Detecting insurance fraud using supervised and unsupervised machine learning. *Journal of Risk and Insurance*, 90:743–768.
- Derrig, R. A. (2002). Insurance fraud. *Journal of Risk and Insurance*, 69(3):271-287.
- Hayırsever Baştürk, F. (2020). Insurance fraud: The case in Turkey. Grima, S., Boztepe, E. & Baldacchino, P. J. (Eds.) In *Contemporary Studies in Economic and Financial Analysis*. Emerald Publishing Limited, Leeds.
- Kerim, D.E. & Cula, S. (2023). BIST Türkiye’de sigorta suistimal problemleri ve çözüm önerileri. *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (7)2:145 –166.
- Khan, A. K. (2025). Combating insurance claim fraud: Approaches to detection and control. *International Journal of Management and Organizational Research*, 4(4):132-141.
- Lesch, W. & Brinkmann, J. (2011). Consumer insurance fraud/abuse as co-creation and co-responsibility: A new paradigm. *Journal of Business Ethics*, 103:17-32.
- Lipi, K. (2024). Insurance fraud, identification of fraudulent cases and possibilities for reducing this phenomenon. In C. A. Nastase, A. Monda, & R. Dias (Eds.), *International Scientific Conference – EMAN 2024: Vol 8. Conference Proceedings* (pp. 187-194). Association of Economists and Managers of the Balkans.
- Morley, N. J., Ball, L. J. & Ormerod, T. C. (2006). How the detection of insurance fraud succeeds and fails. *Psychology, Crime & Law*, 12(2):163-180.

- Ortega, J., Bellido-Boza, L. & Mauricio, D. (2021). Fourteen years of manifestations and factors of health insurance fraud, 2006–2020: A scoping review. *Health & Justice*, 9(26):1-23.
- Parwat, S., Parwat–Mukadam, A. & Deo, P. (2016). Fraud: A problem troubling insurance industry. *Indian Journal Of Applied Research*, 6(7):17-21.
- Ribeiro, R., Silva, B., Pimenta, C. & Poeschl, G. (2020). Why do consumers perpetrate fraudulent behaviors in insurance?. *Crime, Law and Social Change*, 73:249-273.
- Sobkovich, O. (2025). Experience of European Union countries in preventing criminal offenses in the insurance sector. *Analytical and Comparative Jurisprudence*, 2:889-894.
- Şirin, K. (2020). Türkiye’de sigorta suistimallerinin mevcut durumu: 2016-2018 yılları arası SİSBİS verileri üzerinden inceleme. *Anadolu Kültürel Araştırmalar Dergisi*, 4(1):89-101.
- Viaene, S. & Dedene, G. (2004). Insurance fraud: Issues and challenges. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 29(2):313-333.
- Wilson, J. H. (2009). An Analytical Approach to detecting insurance fraud using Logistic Regression. *Journal of Finance & Accountancy*, 1(1):1-15.
- Yıldırım, İ. (2013). Türk sigortacılık sektörünün yumuşak karnı: Sigorta suistimalleri sorunu. *Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi*. 5(1):331-340.

YAPAY ZEKÂ İLE ÜRETİLEN ANİMASYONLARDA TEKİNSİZ VADİ ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Özge KALYONCU

İstanbul Topkapı Üniversitesi Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Çizgi Film ve Animasyon Bölümü

ozgekalyoncu@topkapi.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7729-4786

ÖZET

Son yıllarda yapay zekâ destekli animasyon üretim araçlarının hızla gelişmesi fotogerçekçi dijital karakterlerin oluşturulmasını teknik olarak mümkün kılmıştır. Ancak bu karakterler insan suretine tam benzerliğe ulaşamadıkları noktada izleyicide rahatsızlık ve yabancılaşma hissi yaratabilmektedir. Mori tarafından 1970 yılında ortaya atılan tekinsiz vadi işte bu gerilimi açıklamaktadır. Yapılan çalışma, tamamen yapay zekâ destekli üretim araçlarıyla oluşturulan kısa animasyon filmi Late'in (Hal Watmough, 2024) izleyicilerde yarattığı tekinsiz vadi etkisini betimsel bir analizle incelemektedir.

Temel araştırma sorusu, YZ ile üretilmiş fotogerçekçi bir karakterin hangi spesifik fiziksel ve hareket unsurlarının izleyicide rahatsızlık, korku ve yabancılaşma hissi uyandırdığıdır. Araştırma sorusu doğrultusunda analiz, gözler, ağız-dudak hareketleri, kaş-alın bölgesi, cilt dokusu, beden dili ile ışık-gölge kullanımı olmak üzere altı temel kriter üzerinden değerlendirilmiş ve filmin beş kritik anı ayrıntılı olarak betimlenmiştir.

Bulgular, yaşlı karakterin güçlü bir tekinsiz vadi etkisi yarattığını göstermektedir. Bu etki gözlerde donuk ifade, odak sorunları ve ölü gözü görünümü, ağız ve dudak hareketlerinde doku deformasyonu eksikliği, kaş hareketine rağmen alında kırışıklık oluşmaması, karakterin yaşıyla tutarsız pürüzsüz alın ve yüz-el cilt farkı, yaşa uygun olmayan postür ile kusursuz mekanik el hareketleri, loş ışıkta gözlerin doğal olmayan biçimde parlamasından kaynaklanmaktadır.

Yapay zekâ, teknik olarak etkileyici dokular ve ışıklandırma üretebilse de duygusal tutarlılık, ifade nüansları ve biyomekanik doğallık konularında ciddi sınırlılıklara sahiptir. Bu bağlamda, bilinçli stilizasyon yaklaşımı animasyon üreticileri için önemli bir çözüm yolu sunmaktadır. Yapılan animasyonlarda göz animasyonuna öncelik tanınması ve yapay zekâ+insan ortaklığının kullanımı önemini korumaktadır.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular tekinsiz vadi kuramının YZ destekli animasyonlar bağlamında geçerliliğini açık biçimde sürdürdüğünü ortaya koymaktadır. Fotogerçekçilik düzeyindeki artış algısal uyumsuzlukları ortadan kaldırmak yerine özellikle yüz ifadeleri, mikro mimikler ve biyomekanik hareket bütünlüğünde daha görünür hâle getirmekte ve izleyici deneyimini doğrudan olumsuz etkilemektedir. Bu durum, teknik gerçekçiliğin tek başına yeterli olmadığını ve duygusal ile algısal tutarlılığın üretim süreçlerinde zorunlu bir tasarım bileşeni olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Animasyon, Yapay Zekâ, Tekinsiz Vadi, Karakter Animasyonu, Kısa Film

THE UNCANNY VALLEY EFFECT IN AI GENERATED ANIMATION

Asst. Prof. Dr. Zeynep Özge KALYONCU

Istanbul Topkapı University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Cartoon Film and Animation

ozgekalyoncu@topkapi.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7729-4786

ABSTRACT

In recent years, the rapid development of AI supported animation production tools has made it technically possible to create photorealistic digital characters. However, when these characters fail to achieve full resemblance to the human form, they can evoke feelings of discomfort and alienation in viewers. The uncanny valley, proposed by Mori in 1970, explains this tension. This study examines, through a descriptive analysis, the uncanny valley effect generated in audiences by the short animated film *Late* (Hal Watmough, 2024), produced entirely using AI-supported tools.

The main research question investigates which specific physical and motion-related elements of a photorealistic AI-generated character evoke discomfort, fear, and alienation in viewers. Accordingly, the analysis is conducted based on six criteria: eyes, mouth–lip movements, eyebrow-forehead region, skin texture, body language, and the use of light and shadow. Five critical moments from the film are examined in detail.

The findings indicate that the elderly character presents a strong uncanny valley effect. This effect stems from a lifeless gaze, focus inconsistencies, a dead-eye appearance, lack of deformation in mouth and lip movements, absence of forehead wrinkles despite eyebrow motion, inconsistency between the character’s age and unnaturally smooth forehead as well as discrepancies between facial and hand skin, mechanically flawless hand movements and age-inappropriate posture, and the unnatural reflection of the eyes under low lighting conditions.

Although AI can generate technically impressive textures and lighting, it exhibits significant limitations in emotional coherence, expressive nuance, and biomechanical naturalness. In this context, a conscious stylization approach emerges as a viable solution for animation producers. Prioritizing eye animation and adopting human-AI collaborative production models remain essential.

Consequently, the findings demonstrate that the uncanny valley theory continues to hold clear relevance in AI-supported animation, and that increasing photorealism amplifies perceptual inconsistencies, negatively affecting viewer experience.

Keywords: Animation, Artificial Intelligence, Uncanny Valley, Character Animation, Short Films

KÜLTÜREL MİRAS BAĞLAMINDA HALK VE DİVAN EDEBİYATININ MÜŞTEREKLERİ

Maher Hamzah Rashid ALSHAMIM

*Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
mahirask714@gmail.com
ORCID: 0009-0001-2295-5719*

ÖZET

Türk edebiyatı çok geniş bir coğrafyada asırlar boyunca gelişimini sürdürmüştür. Bu süreçte farklı kültürlerden etkilenmiş ve birçok kültürü de etkilemiştir. Türk edebiyatı halkın edebiyatı olarak da bilinen halk edebiyatı ve daha çok saraya yakın olması yönüyle halktan uzak bir edebiyatmış gibi görünen Divan edebiyatı olarak iki ana kola ayrılmıştır ancak bu iki kol aynı zengin havzadan beslenmiştir. Halk edebiyatı, doğal, içten ve sade bir üslupla yazılırken divan edebiyatı ise halk edebiyatına göre daha ağır, sanatlı ve süslü bir dille yazılmıştır. Ancak her iki edebiyatın da ürünleri aynı kültürden beslenmektedir. Bu ürünler, somut olmayan kültür mirasları temsil etmektedir.

Bu çalışma, Türk edebiyatının iki temel ögesi olan ve şiiri merkezine alan halk ve divan edebiyatının kültürel miras bağlamındaki ortak öğelerini tespit etmek ve elde edilen bulguları incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, her iki edebiyat geleneğinin de tematik öğeleri, estetik yapıları ve felsefi bakış açıları detaylı olarak ele alınmıştır. İnceleme sonucunda elde edilen verilerin ışığında aşk, doğa/tabiat, ayrılık, ölüm, insan ve tasavvuf gibi kavramlar öne çıkmıştır. Bunun yanı sıra ayrıca sembolik anlatımlar, söz sanatları ve ahengi sağlayan unsurlar gibi bazı şekilsel başlıklarda da ortak yönlerin olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak halk ve divan şiiri her ne kadar farklı sosyal çevrelerde gelişmiş olsa da bu iki gelenek, Türklük bilincini ve belleğini ortak yönleri ile zenginleştirdiği ortaya konmuştur. Kültürel hafızayı birlikte inşa eden ve bunu sürdüren bu yapının birer parça ve tamamlayıcı olduğu da ortaya konulmuştur. Çalışma boyunca ele alınan kavramlar ise şunlardır: İslam medeniyeti, tasavvuf, sözlü gelenek, türküler, atasözleri vb. Çalışmanın ana teması olan halk ve divan şiirinin ortak yönleri ve bunun kültürel miras olarak yansımaları ele alınırken merkezde şiir yer almıştır.

Çalışmada halk ve divan şiiri şekil yönünden de ele alınmıştır. Halk şiiri daha çok hece ölçüsünü dikkate alırken divan şiirinde ise aruz ölçüsü dikkat çeker. Bu iki farklı yön ortak tema altında birleşir bu da Türk halkının estetik zevkini yansıtması bakımından önemlidir. Çalışma Anadolu insanının yaşam felsefesini, kültürünü, sanatını ve tarihini edebiyat kolu üzerinden somut ve soyut örnekler bağlamında ele alır. Sonuç olarak bu iki edebiyat havzasının beslediği milli bilinç ve kültürel hafıza gelecek nesillere aktarılır bu bağlamda edebiyat kolları birer kültür taşıyıcısı rolü üstlenmektedirler. Çalışmanın ana metninde bu durumun tespiti yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Edebiyat, Halk Şiiri, Divan Şiiri, Kültürel Miras, Şiir.

Jel Kodları: Z

COMMON ELEMENTS OF FOLK AND DIVAN LITERATURE IN THE CONTEXT OF CULTURAL HERITAGE

Maher Hamzah Rashid ALSHAMIM

*Tokat Gaziosmanpaşa University
mahirask714@gmail.com
ORCID: 0009-0001-2295-5719*

ABSTRACT

Turkish literature has developed over centuries across a vast geographical area. During this process, it has been influenced by and has influenced many cultures. Turkish literature is divided into two main branches: folk literature, also known as the literature of the people, and Divan literature, which, due to its closeness to the court, appears to be distant from the people. However, both branches draw from the same rich cultural heritage. Folk literature is written in a natural, sincere, and simple style, while Divan literature is written in a heavier, more ornate, and ornate language compared to folk literature. However, the products of both literatures are nourished by the same culture. These products represent intangible cultural heritage.

This study aims to identify the common elements of folk and Divan literature, the two fundamental elements of Turkish literature centered on poetry, in the context of cultural heritage, and to examine the findings obtained. This study examines in detail the thematic elements, aesthetic structures, and philosophical perspectives of both literary traditions. Based on the data obtained from the analysis, concepts such as love, nature, separation, death, humanity, and Sufism stand out. In addition, commonalities have been identified in some formal aspects such as symbolic expressions, figures of speech, and elements that ensure harmony. In conclusion, although folk and classical Ottoman poetry developed in different social environments, it has been shown that these two traditions enrich Turkish consciousness and memory with their common aspects. It has also been demonstrated that they are both parts and complements of a structure that jointly constructs and sustains cultural memory. The concepts discussed throughout the study include: Islamic civilization, Sufism, oral tradition, folk songs, proverbs, etc. While the common aspects of folk and classical Ottoman poetry and their reflections as cultural heritage are examined, poetry is at the center of the study, which is its main theme.

The study also examines folk and classical Ottoman poetry from a formal perspective. Folk poetry largely adheres to syllabic meter, while classical Ottoman poetry (divan poetry) emphasizes the quantitative meter (aruz). These two distinct aspects converge under a common theme, which is significant in reflecting the aesthetic taste of the Turkish people. This study examines the life philosophy, culture, art, and history of the Anatolian people through the lens of literature, using concrete and abstract examples. Ultimately, the national consciousness and cultural memory nurtured by these two literary traditions are passed on to future generations; in this context, literary traditions assume the role of cultural carriers. This observation is made in the main text of the study.

Keywords: Literature, Folk Poetry, Classical Ottoman Poetry, Cultural Heritage, Poetry.

Jel Codes: Z

Giriş

Türk edebiyatı, asırlar boyunca birçok farklı kültürün etkisi altına girmiştir, geniş bir coğrafyada varlık gösteren Türk edebiyatı farklı kültürlerin de etkisiyle zamanla gelişip zenginleşmiştir. Bu gelişim sürecinde ön planda olan iki önemli edebî ortaya çıkmıştır. Halk edebiyatı ve divan edebiyatı olarak adlandırılan bu iki oluşum zamanla alt dallara bölünerek farklı edebiyat kollarını da oluşturmuştur. Halk edebiyatı daha çok sözlü kültürden beslenerek ilk zamanlar anonim olarak ortaya çıkmıştır temsilcileri de genellikle kopuz, saz ve bağlama gibi müzik aletleriyle eserlerini icra etmiştir. Halkın duygu ve düşüncelerini sade ve yalın bir dille ifade eden bu anlayış halka mal olmuş eserler ortaya koymuştur. Halk edebiyatı daha çok türkü, ninni, bilmece, mâni gibi nazım şekilleri ile ortaya çıkmıştır. Halk henüz okuma yazma oranının çok düşük olduğu dönemlerde duygu ve düşüncelerini bu şekilde kulaktan kulağa olacak şekilde aktarma yoluyla ifade etmiştir. Sözlü gelenek zamanla gelişip genişleyerek ve mektep ve medreselerin de artmasıyla yazılı geleneğin de temelini oluşturmuştur. Daha çok saray etrafında gelişim gösteren ve bu sebepten “divan” edebiyatı adını alan bir gelenek yaratmıştır. Divan edebiyatı saray çevresinde geliştiğinden daha çok okumuş yani mektepli şairler etrafında gelişmiştir. Dili halkın diline göre daha ağır ve sanatlıdır. Halk edebiyatındaki nazım şekilleri ve türlerinin yerini Arap ve Fars edebiyatındaki türlerin de etkisiyle farklı şekiller almaya başlamıştır. Koşma ve türkünün yerini gazeller, hikâyelerin yerini mesneviler, sağı ve ağıtların yerini mersiyeler almıştır. Şekil, biçim, dil ve üslup bakımından bu iki edebî gelenek her ne kadar farklı da olsa aslında tema olarak birçok ortak noktaya sahiptir. Ortak yönleri oldukça fazla olan bu iki geleneğin ortak paydası aynı toplumun ürünleri olmasıdır. Çünkü her ikisi de aynı kültürün geleneklerinden, inançlarından, yaşam biçim ve anlayışlarından beslenmiştir. Bu sebeple Halk edebiyatı ve Divan edebiyatı arasında tema (konu), anlatım yönü ve edebî bakış bakımından çeşitli ortak yönler ve benzerlikler görülmektedir.

1. Halk Şiiri ve Divan Şiirinin Ortak Yönleri:

Halk edebiyatı ile divan edebiyatı Türk edebiyatının en temel iki koludur. Bu iki edebî geleneğin de en çarpıcı ortak yönü şiir havzasında birleşmiş olmalarıdır.

1.1 Halk Edebiyatı:

Halk şiiri ve Divan şiirinin beslendiği havza aynıdır. Bu iki edebî şiir geleneğinin ortak paydası ise şiiridir. Halk edebiyatı, sözlü gelenekten doğan ve halkın duygu, düşünce ve yaşamını yansıtan bir edebiyat türüdür. Sözlü geleneğe dayanır ve uzun bir süre yazıya geçirilmeden ağızdan ağıza aktarılmıştır. Bu yüzden anonim ürünler/eserler oldukça fazladır. Dili oldukça sadedir. Halkın konuştuğu yerel ağız ön plandadır. Anlaşılması genellikle kolaydır. Şiirlerde genellikle hece ölçüsü kullanılır. En yaygın olarak tercih edilen kalıplar 7’li, 8’li ve 11’li hece ölçüleridir. Nazım birimi ise dörtlüktür. Konularını genellikle halkın yaşamından alır. Ve genellikle aşk, doğa, kahramanlık, ayrılık ve ölüm gibi temalar işlenmektedir. Bu yönüyle temaların evrensel insani duygular olduğu görülür. Bunların yanı sıra anonim türler (mâni, ninni, türkü, atasözü...) de fazladır. Şairler (âşıklar) saz eşliğinde şiirlerini söyler. Bu geleneğin önemli temsilcilerinden biri Karacaoğlan’dır. Daha sonra Yunus Emre, Pir Sultan Abdal, Dadaloğlu, Köroğlu gibi temsilciler de önemli sayılmıştır. Bu şairlerin çoğu şiirlerini doğaçlama söyler ön bir hazırlık yapmazlar. Şiirlerinde ahengi sağlamak için redif ve uyak kullanırlar. Kafiye ve redif halk şiirinin şekil olarak en önemseddiği unsurlardan biridir. Halk şiirinin en belirgin özelliklerinden biri de halka mal olmuş olması ve şiirlerinin ağırlıklı olarak toplumsal olmasıdır. Halk edebiyatı anlayışı, halkın değer yargılarını, kültürünü, gelenek ve göreneklerini gelecek nesillere aktarır. (Ocak, 2013: 26).

1.2 Divan Edebiyatı:

Divan edebiyatı, Osmanlı saray ve aydın çevresinde gelişmiş, kurallı ve estetik yönü güçlü bir edebiyat geleneğidir. Klasik Türk edebiyatı olarak da adlandırılan divan edebiyatı, dil ve üslup olarak biraz ağırdır bunun sebebi ise metinlerinde Arapça ve Farsça tamlamaların yoğun bir şekilde kullanılmasıdır. Bu sebepten görünüşte halktan kopuk bir edebiyat olarak anılmıştır. Şiirlerinde hece ölçüsü yerine, uzun ve kısa hecelere dayanan aruz ölçüsü tercih edilir. Nazım birimi ise genelde iki dizeden oluşan beyitlerdir. Mazmunlar (kalıplaşmış benzetmeler) ve söz sanatları yoğun şekilde kullanılır. Tema olarak ise halk edebiyatına göre çok daha bireysel konulara yönelmiştir hatta temelini “aşk” konusu oluşturmaktadır. Aşk, sevgili, tasavvuf, ölüm, şarap ve güzellik konuları yoğun bir şekilde işlenmektedir. Gazel, kaside, mesnevi, rubai gibi kalıplaşmış nazım biçimleri kullanılır. (Macit, 1996: 28). Örneğin Leyla ile Mecnun mesnevi türünün ünlü bir örneğidir. Divan şairleri genellikle şiirlerinde takma ad (mahlas) kullanır. Örneğin Fuzuli ve Baki bu geleneğin önemli isimlerindedir. Daha çok eğitilmiş kesime hitap eder; halktan uzak bir yapısı vardır. Özellikle tasavvufi şiirlerde ilahi aşk ön plandadır. Kafiyeye yazılış esasına göre yapılır (göz için kafiyeye anlayışı).

2. Halk Şiiri ve Divan Şiirinin Ortak Yönleri:

Divan şiiri ve halk şiiri asırlar boyunca birbirlerinden çok uzak bir edebî anlayış olarak lanse edilse de aslında detaylı bir araştırma sonucunda ve ürünlerinin karşılaştırılması ile birçok noktada ortak özelliklere sahip olduğu görülecektir.

2.1 Şiirin Temel Anlatım Aracı Olması:

Halk şiiri ve divan edebiyatı şiiri, halk edebiyatı ile divan edebiyatının taşıyıcısıdır. Çünkü her iki edebiyat kolu da asıl gücünü ve temsiliyetini şiirden almaktadır. Her iki anlayış için de şiir en önemli anlatım aracıdır. Her iki edebiyat da şiiri merkeze alır. Her iki edebiyat türü de şiiri merkeze alır; biri hece, diğeri aruz ölçüsünü kullanır, ancak her ikisi de ahenk, ritim ve duygusal yoğunluk üzerine kuruludur (Dilcin, 2005: 17). Şairler uygu ve düşüncelerini şiir aracılığıyla ifade etmişlerdir. Nesir örnekleri bulunsun da nazım kadar etkili olmamıştır. Halk edebiyatı temsilcileri, koşma, semai, varsağı, destan gibi nazım şekillerini kullanırken divan edebiyatı şairleri ise, gazel, kaside, rübai ve mesnevi gibi nazım şekillerini tercih etmiştir. Ancak ikisinin de ortak yönü şiir ağırlıklı olmasıdır.

2.2 Aşk Temasının İşlenmesi:

Aşk hem halk şiiri ve edebiyatında hem de divan edebiyatı ve şiirinde oldukça önemli bir noktadadır. Halk şiirinde aşk teması, daha gerçekçi ve somut işlenirken divan şiirinde ise daha hayali, abartılı ve soyut olarak işlenmiştir. Yani kısacası divan şiirinde sevgili daha idealize edilmiş bir şekilde tasvir edilmiştir. Klasik Türk şiirinde sevgili daha çok ulaşılmaması zor hatta imkânsız bir varlık olarak tasvir edilir ve aşk olgusunun ise insanı olgunlaştıran bir yanının olduğu işlenir. Ancak her iki edebiyat anlayışında da “aşk” kavramı inan ruhu üzerinde önemli etkiye sahip bir olgu olarak görülmüştür. (Macit, 1996: 13).

2.3 Dinî-Tasavvufî Konulara Yer Verilmesi:

Türk edebiyatında özellikle tasavvuf ve din konuları oldukça önemli bir yer tutmakta hatta edebiyatın beslendiği kaynakların başında yer almaktadır. Tasavvuf hem halk edebiyatında hem de divan edebiyatında oldukça fazla yer edinmektedir. Halk şiiri özellikle tekke edebiyatı üzerinden dini-tasavvufî konuları işlemiştir bu konular arasında Allah sevgisi, peygamber sevgisi, güzel ahlak ve hoşgörü gibi konular dikkat çeker. Divan edebiyatında ise, tasavvuf önemli bir kaynak olarak görülmüş Allah’a ulaşma isteği, nefsin terbiyesi, manevi aşk gibi temalar işlenmektedir. Her iki edebî anlayışın da gayesi toplumun manevi yönünü

doymak ve maneviyatını zenginleştirmektir.

2.4 Ahenk Unsurları ve Söz Sanatları:

Her iki edebiyatta da şiirin kulağa hoş gelmesi için ahenge çok önem verilir. Şairler, uyak, redif, kafiye, tekrar ve ritim gibi unsurları ahengi sağlamak için kullanmışlar. Halk edebiyatında genellikle hece ölçüsü kullanılırken divan edebiyatında ise aruz ölçüsü kullanılır. Ölçüler farklı olsa da amaç aynıdır ahengi sağlamak. Şiire müzikal bir yapı kazandırmak ve okuyucuda etki bırakmak önemsenmiştir. Bu nedenle ses uyumları ve söz sanatları her iki gelenekte de önemli bir yere sahiptir.

2.5 Doğa Tasvirlerinin Kullanılması:

Doğa, halk ve divan edebiyatında sıkça kullanılan bir unsurdur. Halk şairleri doğayı olduğu gibi ve gerçekçi bir biçimde ele almıştır. Dağ, ova, ağaçlar ve çiçekler her iki şiirde de işlenmiştir. Doğa tasvirleri halk şiirinde oldukça canlı ve realist bir şekilde işlenir. Divan şairleri ise doğayı daha çok sembolik olarak işlemiştir. Özellikle gül ve bülbül her iki edebiyatın da ortak yönlerinden biridir. Halk edebiyatı ve divan edebiyatında doğa, insani duyguları aktarmada bir araç olarak kullanılmıştır. (Şentürk, 2002: 8).

2.6 Toplumsal Kültür Öğeleri:

Halk edebiyatı genellikle halkın yaşamını, kültürünü, gelenek ve göreneklerini doğrudan anlatırken divan edebiyatı ise daha çok saray ve çevresini ele almaktadır. Ancak her iki edebiyatta da yaşanan dönemin sosyal yapısı hakkında bilgi verilmektedir. İnanç yargıları, değerler, kültür unsurları, folklor ve yaşam biçimleri eserlerde yer almıştır. Her iki edebiyatta da toplum algısı, kültürel tarih açısından büyük önem taşır. Bu yönüyle her iki edebiyat, toplumun ahlaki pusulası olmuştur. Halk ve Divan edebiyatında doğruluk, sabır, kanaat, tevazu gibi değerler sıkça işlenmiştir (Çetin, 2014: 49).

2.7 Sözlü ve Yazılı Gelenek:

Halk edebiyatı genellikle sözlü gelenekten beslenmiştir. Şiirler saz eşliğinde söylenmiş ve kuşaktan kuşağa aktarılmıştır. Divan edebiyatı ise daha çok yazılı kültürden beslenmiştir. Ancak divan şairleri de halk arasında kullanılan bazı deyimler, atasözleri ve halk deyişlerinden etkilenmişlerdir. Bu urum iki edebiyat arasındaki etkileşimi gösteren somut örneklerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.8 Sanatçılar Toplum Üzerindeki Etkisi:

Türk edebiyatında etkili olan iki edebiyat kolu halk edebiyatı ve divan edebiyatı temsilcileri yüzyıllar boyunca Türk toplumu üzerinde derin bir tesir bırakmıştır. Hem yaşadıkları dönemde hem de sonraki asırlarda topluma adeta yön vermiş hem de toplumu uzun süre etkisinde bırakmışlardır. Halk ozanları özellikle köy ve kasaba gezerek halkın sorunlarını, sevinçlerini, hüznelerini ve bazen de isyanlarını eserleri aracılığıyla dile getirmişlerdir. Divan edebiyatı temsilcisi olan şairler ise, saray çevresine saygınlık kazanmış ve kültürel yaşama doğrudan etki etmişlerdir. Böylece şair ve yazarlar toplumun düşünce yapısının oluşumunda önemli bir rol oynamıştır. Halk ve Divan edebiyatı, insanı ve yaşamı farklı biçimlerde anlatsa da temelde benzer duyguları işler. Aşk, doğa, kader, ölüm ve insan sevgisi gibi konular her iki edebiyatta da sıkça işlenmiştir (Macit, 1996: 58).

Sonuç:

Sonuç olarak hem Halk Edebiyatı hem de Divan Edebiyatı tasavvuf, aşk ve kahramanlık gibi temaları ortak olarak işler. Her ikisinde de aşk asıl temadır ve en ortak yön ise şiir merkezli olarak yazılmış olmalarıdır. Halk edebiyatı konuşma diline çok yakındır. Yöresel söyleyişler,

deyimler ve atasözleri sıkça kullanılır. Anlaşılmak ön plandadır. Divan edebiyatında ise Osmanlıca kullanılır; Arapça ve Farsça tamlamalar yoğundur. Anlaşılmaktan çok estetik ve sanat ön plandadır. Halk edebiyatı ile divan edebiyatının oluşum havzası yakın ancak geliştikleri çevreler farklı da olsa aslında beslendikleri kaynaklar çoğunlukla ortaktır. Her ikisi de Türk kültürünün ortak mirasını barındırmaktadır. Bu iki anlayışın en temel unsuru şiir odaklı gelişmiş olmalarıdır daha sonra ise bu şiirlerde aşk temasını şiirin merkezine almış olmalarıdır. Şiir temelli bu iki anlayışın ortak temaları genellikle aşk, tasavvuf, toplum ve dini konulardır. Her iki edebiyat anlayışı da ahengi oldukça önemser ve kulak için şiirler yazar. Toplumun kültürel değerlerini yansıtmayı hedef olarak belirleyen bu anlayışlar aynı zamanda şiiri toplumun sorunlarını aktarmada da bir araç olarak görür. Bunların yanı sıra doğa sevgisi, insan duyguları, din ve tasavvuf gibi başlıklarda tema aynı iken yalnızca nazım şekilleri ve türleri değişmiştir. Yani kısacası amaç aynı olacak araçlar farklıdır. Bu iki büyük edebî gelenek çağlar boyunca Türk edebiyatının gelişip yayılmasında önemli rol oynamıştır. Ve son olarak günümüze kadar gelen zengin Türk edebiyatının mihenk taşlarından biri olmuşlardır...

KAYNAKÇA

Çetin, N. (2014). Edebiyat ve kültür. Ankara: Akçağ Yayınları.

Dilçin, C. (2005). Örneklerle Türk şiir bilgisi. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Macit, M. (1996). Divan şiiri estetiği. Ankara: Akçağ Yayınları.

Ocak, A. Y. (2013). Türk tasavvuf kültürünün oluşumu. İstanbul: İletişim Yayınları.

Şentürk, A. A. (2002). Türk edebiyatında devamlılık: Halk ve divan edebiyatı arasındaki ilişkiler. Türkoloji Dergisi, 15(2), 45–60.

AN AI-BASED APPROACH FOR THE AUTOMATIC CLASSIFICATION OF HUMANITARIAN FINANCIAL TRANSACTIONS

Ihsan ASAAD

*Istanbul Nisantasi University
20251561002@std.nisantasi.edu.tr
ORCID: 0009-0000-7538-5361*

Abstract

The increasing volume of financial transactions in humanitarian organizations has created significant challenges in terms of efficiency, accuracy, and timely reporting. Many organizations still rely on manual classification processes, which are often time-consuming, inconsistent, and prone to human error. This study proposes a practical approach for the automatic classification of humanitarian financial transactions by integrating basic machine learning concepts with simplified implementation techniques.

The methodology combines Natural Language Processing (NLP) methods, specifically TF-IDF-based feature extraction, with a keyword-assisted classification approach. A real-world dataset of financial transactions was used to evaluate the effectiveness of the proposed system. The implementation was carried out using spreadsheet-based tools and simple rule-based mechanisms to ensure accessibility and ease of use for organizations with limited technical resources.

The results indicate that the proposed approach significantly improves classification speed and consistency compared to manual methods. Although the system does not reach the sophistication of advanced machine learning models, it provides a scalable and efficient solution that can be readily adopted in real-world humanitarian settings.

This study contributes to bridging the gap between theoretical artificial intelligence applications and practical financial operations in the non-profit sector, providing a foundation for future development toward more advanced automated classification systems.

Introduction

In recent years, humanitarian organizations have faced increasing pressure to improve the efficiency, transparency, and accountability of their financial operations. The growing volume of financial transactions, coupled with the need for accurate reporting, has made financial management a critical component of organizational performance in the non-profit sector.

Despite these challenges, many humanitarian organizations still rely on manual or semi-automated methods to classify financial transactions. This process is often time-consuming, error-prone, and inefficient, leading to delays in reporting and potential inaccuracies in financial analysis.

Recent advances in artificial intelligence (AI) and machine learning have demonstrated significant potential in automating complex classification tasks. However, the application of AI in humanitarian financial classification remains underexplored.

This study proposes an AI-based approach to improve classification accuracy and efficiency.

Methodology

This study adopts a machine learning-based approach including data preprocessing, TF-IDF feature extraction, and classification.

A dataset of financial transactions was collected and processed. Text cleaning, normalization, and tokenization were applied.

TF-IDF was used for feature extraction. Logistic Regression and Random Forest models were considered. The dataset was split into training and testing sets (80/20).

Performance was evaluated using accuracy, precision, recall, and F1-score.

Results

A simplified implementation using keyword-based classification was applied.

The system classified transactions into categories such as salaries, rent, and food aid using predefined keywords.

Results showed improved speed and consistency compared to manual classification. The approach is practical and scalable for organizations with limited resources.

Conclusion

This study presented a practical approach for classifying humanitarian financial transactions.

The approach improves efficiency and reduces errors. While simple, it provides a strong foundation for future AI-based improvements.

Future work may explore advanced models such as deep learning.

References

- Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (2012). A survey of text classification algorithms. In *Mining text data* (pp. 163–222). Springer.
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural language processing with Python*. O'Reilly Media.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2020). *Speech and language processing* (3rd ed.). Draft version.
- Kotsiantis, S. B. (2007). Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Informatica*, 31(3), 249–268.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press.
- Pedregosa, F., et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Sebastiani, F. (2002). Machine learning in automated text categorization. *ACM Computing Surveys*, 34(1), 1–47.

DÖNGÜSEL EKONOMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEĞE ENTEGRASYONU: KÜRESEL ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİNİN PRISMA VE BİBLİYOMETRİK ANALİZLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Hidayet Gizem ÜNLÜ ÖREN

Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Isparta
hidayetgizemunlu@sdu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6081-096X

Uzm. Zeliha YILDIRIM

Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Isparta
d2540240001@ogr.sdu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-4771-281X

Konu Alanı: Çevre Ekonomisi — Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilirlik, Politika

ÖZET

Bu çalışma, döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonunu, küresel araştırma eğilimlerini bibliyometrik ve prisma analizi yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada akademik literatürü sistematik biçimde değerlendirebilmek amacıyla prisma ile bibliyometrik analiz yöntemi aracılığıyla alanın yapısal ve tematik dinamikleri ortaya konulmuştur. Bu kapsamda, Web of Science'da 1992-2026 dönemine ait İngilizce dilinde yayınlanan akademik çalışmalar belirli anahtar kelimeler doğrultusunda taranmış analiz edilmiştir. Çalışmada bibliyometrik analiz yöntemi ile alanı geniş bir tema çerçevesinde akademik literatür taranırken prisma yöntemi ile bu alana dair doğrudan araştırma sorusuna cevap veren çalışmalar seçilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular alanın yükselen bir trend izlediği ve olgunlaşma sürecini tamamladığı, disiplinlerarası ile politika odaklı bir süreç izlediği, sürdürülebilirlik kavramının gerçekleşmesinde döngüsel ekonomi kavramının etkisinin bulunduğu fakat araştırma alanında halen devam eden eksikliklerin bulunduğu elde edilmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde çevresel politikaların uygulama sınırlılığı ve teknoloji altyapısının eksiliğinden dolayı araştırma eğilimleri sınırlı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların, akademik literatüre katkı sağlamasının yanı sıra politika yapımcılar ve uygulayıcılar için de yol gösterici olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilirlik, Politika

Jel Kodları: Q01, Q56, Q53, Q58

ABSTRACT

This study aims to comparatively evaluate the integration of the circular economy into a sustainable future, alongside global research trends, using bibliometric and PRISM analysis methods. In order to systematically evaluate the academic literature, the structural and thematic dynamics of the field were identified using the PRISM and bibliometric analysis methods. In this context, academic studies published in English in the Web of Science database between 1992 and 2026 were searched and analysed based on specific keywords. In the study, whilst the field was scoured for academic literature within a broad thematic framework using the bibliometric analysis method, the PRISMA method was employed to select studies that directly addressed the research question pertaining to this field. The findings of the study indicate that the field is following an upward trend and has completed its maturation process, following an interdisciplinary and policy-focused path; the concept of the circular economy has an impact on the realisation of sustainability, yet there are still gaps in the research field. Particularly in

developing countries, research trends have been limited due to the constraints in the implementation of environmental policies and the lack of technological infrastructure. It is intended that the results obtained should not only contribute to the academic literature but also serve as a guide for policymakers and practitioners.

Keywords: Circular Economy, Sustainability, Policy

Jel Codes: Q01, Q56, Q53, Q58

Giriş: Doğrusal Ekonomiden Döngüsel Ekonomiye Paradigma Dönüşümü

Sanayi devriminden itibaren hâkim üretim modeli olan doğrusal ekonomi (“al-üret-tüket-at”) modeli, doğal kaynak tüketimi ve atık üretimi açısından sürdürülebilirlik krizini derinleştirmiştir. Bu modelin ekolojik sınırları zorlaması, kaynak kıtlığı, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi küresel sorunların artmasına neden olmuştur (Geissdoerfer vd., 2017). Bu bağlamda döngüsel ekonomi yaklaşımı, üretim ve tüketim sistemlerini yeniden tasarlayarak ekonomik büyümeyi kaynak kullanımından ayırştırmayı hedefleyen alternatif bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır (Kirchherr, Reike ve Hekkert, 2017).

Döngüsel ekonomi, malzeme ve enerji akışlarının kapalı döngüler içinde tutulmasını, ürün ömrünün uzatılmasını, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden üretim süreçlerinin sistematik olarak entegre edilmesini öngörmektedir (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Bu yaklaşım yalnızca çevresel bir strateji değil, aynı zamanda ekonomik rekabet gücü, inovasyon ve sosyal refah açısından da çok boyutlu bir dönüşüm modelidir (Murray, Skene ve Haynes, 2017).

1. Döngüsel Ekonomi Kavramının Kuramsal Temelleri

Döngüsel ekonomi kavramı ekolojik ekonomi, endüstriyel ekoloji, performans ekonomisi ve Cradle-to-cradle tasarım yaklaşımlarından beslenen disiplinler arası bir yapıdadır (Ghisellini, Cialani ve Ulgiati, 2016).

Endüstriyel ekoloji yaklaşımı, üretim sistemlerini doğal ekosistemlere benzeterek atığın başka bir süreç için girdi olarak kullanılmasını savunmaktadır (Frosch ve Gallopoulos, 1989). Bu perspektif, döngüsel ekonomi modelinin temel mantığını oluşturan “atık = kaynak” ilkesinin teorik temelini sağlamaktadır.

Cradle-to-cradle tasarım yaklaşımı ise ürünlerin yaşam döngüsünü baştan sona yeniden düşünerek teknik ve biyolojik döngülerde sürekli kullanılabilir materyal sistemleri önermektedir (McDonough ve Braungart, 2002). Bu model, lineer yaşam döngüsünün yerine sürekli döngüsel değer zinciri kavramını yerleştirmektedir.

Performans ekonomisi yaklaşımı ise mülkiyet yerine hizmet temelli tüketimi savunarak ürünlerin kullanım süresini maksimize etmeyi hedefler (Stahel, 2016). Bu yaklaşım özellikle paylaşım ekonomisi ve ürün-hizmet sistemlerinin teorik zeminini oluşturmaktadır.

1.1. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Kalkınma Arasındaki İlişki

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik büyüme, çevresel koruma ve sosyal eşitliğin eş zamanlı sağlanmasını hedefleyen bütüncül bir yaklaşımdır (WCED, 1987). Döngüsel ekonomi bu üç boyutla doğrudan ilişkilidir.

Çevresel Boyut

Döngüsel ekonomi doğal kaynak kullanımını azaltmakta, sera gazı emisyonlarını düşürmekte ve atık miktarını minimize etmektedir (Haas vd., 2015). Özellikle kapalı döngü üretim sistemleri karbon ayak izinin azaltılmasında kritik rol oynamaktadır.

Ekonomik Boyut

Kaynak verimliliği ve inovasyon kapasitesinin artırılması, işletmelerin rekabet gücünü yükseltmekte ve yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Bocken vd., 2016). Döngüsel iş modelleri; yeniden üretim, leasing, paylaşım platformları ve modüler tasarım gibi uygulamalar üzerinden ekonomik değer yaratmaktadır.

Sosyal Boyut

Döngüsel ekonomi aynı zamanda yerel istihdamın artırılması, bölgesel üretim ağlarının güçlendirilmesi ve toplumsal farkındalığın geliştirilmesi açısından da önemlidir (Korhonen, Honkasalo ve Seppälä, 2018).

1.2. Küresel Literatürde Döngüsel Ekonomi Araştırma Eğilimleri

Son on yılda döngüsel ekonomi literatüründe hızlı bir artış gözlenmektedir. Bu artış özellikle Avrupa Birliği'nin Döngüsel Ekonomi Eylem Planı sonrasında ivme kazanmıştır (European Commission, 2020).

Bibliyometrik çalışmalar, araştırmaların dört ana temada yoğunlaştığını göstermektedir:

- Döngüsel iş modeli inovasyonu
- Sürdürülebilir üretim ve tüketim sistemleri
- Atık yönetimi ve geri dönüşüm teknolojileri
- Politika ve yönetim mekanizmaları

Merli, Preziosi ve Acampora (2018) çalışmalarında döngüsel ekonomi literatürünün başlangıçta atık yönetimi odaklı olduğunu, ancak zamanla sistem dönüşümü ve sürdürülebilir kalkınma perspektifine kaydığını göstermiştir.

2. PRISMA Yöntemi ve Sistemik Literatür İncelemelerinde Kullanımı

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yöntemi, sistemik literatür incelemelerinde şeffaflık ve metodolojik tutarlılığı artırmak amacıyla geliştirilmiş bir raporlama çerçevesidir (Page vd., 2021).

PRISMA yaklaşımı dört temel aşamadan oluşur:

- Tanımlama (identification)
- Tarama (screening)
- Uygunluk değerlendirmesi (eligibility)
- Dahil etme (inclusion)

Bu yapı, literatürdeki çalışmaların seçilme sürecinin açık biçimde raporlanmasını sağlar ve araştırma yanlılığını azaltır.

Döngüsel ekonomi çalışmalarında PRISMA yöntemi özellikle: disiplinler arası literatürün filtrelenmesi, sürdürülebilirlik göstergelerinin karşılaştırılması, politika etkilerinin analiz edilmesi gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

2.1. Bibliyometrik Analiz ve Bilimsel Bilgi Haritalama

Bibliyometrik analiz, akademik literatürdeki yayınların sayısal ve ağ tabanlı analizini yaparak bilgi yapısını ortaya koyan bir yöntemdir (Donthu vd., 2021).

Başlıca bibliyometrik teknikler şunlardır:

- Eş-atf analizi
- Ortak yazarlık ağları
- Anahtar kelime eşleşmesi
- Bilimsel haritalama

Bu teknikler sayesinde araştırma alanındaki: baskın temalar, etkili araştırmacılar, öncü kurumlar ve gelişen araştırma boşlukları tespit edilebilmektedir. Döngüsel ekonomi literatüründe bibliyometrik analizler özellikle sürdürülebilir üretim teknolojileri, yeşil inovasyon ve politika çalışmaları arasındaki bağlantıları ortaya koymaktadır.

2.2. PRISMA ve Bibliyometrik Analizin Karşılaştırmalı Kuramsal Değerlendirmesi

PRISMA ve bibliyometrik analiz yöntemleri birbirini tamamlayan iki farklı metodolojik yaklaşım sunmaktadır. PRISMA daha çok içerik derinliği ve metodolojik doğruluk sağlarken, bibliyometrik analiz literatür yapısı ve araştırma eğilimlerinin makro düzeyde görünümünü ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda:

- PRISMA → nitel sistematik sentez
- Bibliyometrik → nicel literatür haritalama işlevi görmektedir.

Bu iki yöntemin birlikte kullanılması, döngüsel ekonomi gibi disiplinler arası ve hızla büyüyen araştırma alanlarında daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Sonuç olarak Döngüsel Ekonomi Araştırmalarında Bütünleşik Analiz Gerekliliği önem taşımaktadır. Döngüsel ekonomi, sürdürülebilir geleceğin inşasında yalnızca çevresel bir politika aracı değil, üretim sistemlerinden tüketim alışkanlıklarına kadar uzanan bütüncül bir dönüşüm modelidir. Bu dönüşümün bilimsel olarak anlaşılabilmesi için literatürün hem sistematik içerik incelemeleri hem de bilimsel ağ analizleriyle değerlendirilmesi gerekmektedir.

PRISMA ve bibliyometrik analizlerin birlikte kullanımı, küresel araştırma eğilimlerinin daha sağlıklı yorumlanmasını sağlamakta ve gelecekteki araştırma boşluklarının belirlenmesine önemli katkı sunmaktadır.

3. Araştırmanın Tasarımı ve Yöntemi

3.1 Amaç ve Önem

Bu çalışmanın amacı döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonu alanında yapılmış olan çalışmaların sistematik bir biçimde incelemek ve alanın bilimsel eğiliminin ortaya konulmasıdır. Çalışmada iki temel hedefe odaklanılmıştır. İlk olarak bibliyometrik analiz yöntemi ile alanın bilimsel üretim performansı, gelişimi, alanda önde gelen kaynakların ve yazarların belirlenmesi, ülkelerin akademik üretimine dair gelişimi, iş bilirlik ağları ile alanın temel anahtar kavramlarının açıklanması amaçlanmıştır. İkinci hedefte ise ilgili alanda yer alan çalışmaların prisma yöntemi ile sistematik biçimde seçilmesi, değerlendirilmesi alanın bilimsel yapısının ortaya konulması amaçlanmıştır.

3.2 Yöntem

Çalışmada döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonu alanında kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla bibliyometrik analiz ile prisma yöntemi birlikte kullanılmıştır. Çalışma süreci de web of science’de alana dair çalışmalardan elde edilen veriler çalışmada 1992-2026 dönemi ait İngilizce dilinde yapılmış çalışmaları kapsamaktadır. Çalışmanın 1992 yılından itibaren seçilme nedeni alanın teorik yapısının temellerinin atılmasından dolayı çalışmaya dahil edilmiştir. Verilerin İngilizce seçilmesi ise küresel bir dil olarak kabul edilmesi ve araştırma esnasında kolay erişim sağlamasından dolayıdır. Çalışmanın Bibliometrix (R) analiz yöntemi Biblioshiny (Aria ve Cuccurullo, 2017) arayüzü ile incelenmiştir. Bu kapsamda alanın bilimsel üretim yapısı, gelişimi ve alanın atıf yapısı, en üretken yazar ile ülkelere dair bilgileri, ülkelerarası iş birlik ağı alanın temel anahtar kelimeleri çalışmaya dahil edilmiştir. Literatürün filtrelenmesi ve belirlenmesi aşamasında ise ikinci yöntem olarak prisma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın metodolojik olarak güvenilirliğinin sağlanması amacıyla yöntem olarak kullanılmıştır.

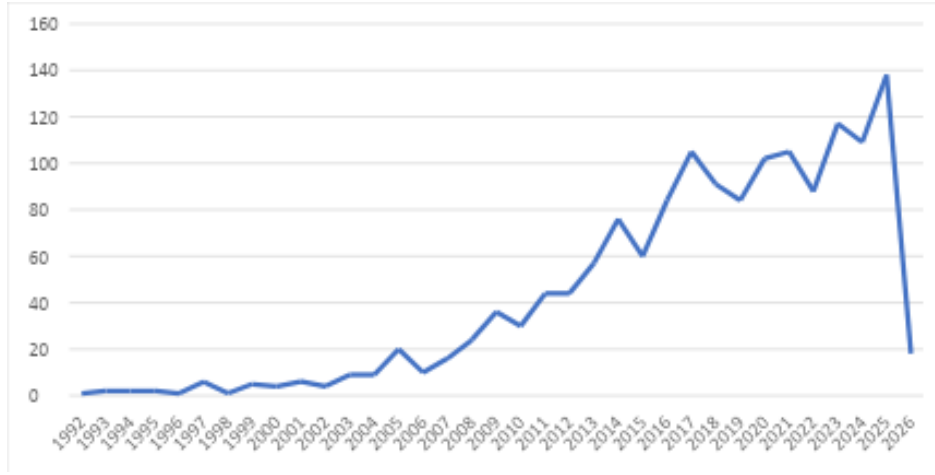
3.3 Bulgular

3.3.1 Bibliyometrik Analiz

Tablo 1. Alanın Temel Bilgileri

Zaman Aralığı	1992:2026
Kaynaklar	388
Dokümanlar	1510
Yıllık Büyüme Oranı (%)	8.87
Doküman Başına Ortalama Atıf Sayısı	35.75
Anahtar Kelimeler	2114
Yazar Sayısı	2973
Tek Yazarlı Yayın Sayısı	429
Uluslararası Yazar İş Birliği İndeksi	28.41

Alanın temel bilgileri 1996-2026 dönemi arasında döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonuna ait çalışmalardan oluşmaktadır. Çalışmanın 1992 yılının alınması alanın bu yıllarda teorik çerçevesinin literatürde belirgin şekilde yer almaya başlamasından kaynaklanmaktadır. Bu zaman aralığının seçilmesi kavramsal analizlerin ve dönemsel eğilimlerin doğru tespit edilmesi yönünden çalışmanın metodolojik gerekliliği olarak görülmüştür. Alanın akademik, yapısal dinamikleri ve bilimsel üretim kapasitesinin incelendiği çalışmada 388 farklı kaynaktan 1510 akademik çalışma elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre yıllık üretim performansında alanın uzun dönemli bir gelişme kazandığı, %8.87’lik büyüme oranı ile olgunlaşma sürecini tamamladığı ortaya konulmuştur. Büyüme oranı aynı zamanda alanın süreklilik arz eden akademik ilgiye sahip olduğunu ve literatürde görünürlük kazandığını göstermektedir. Bilimsel etkisinin değerlendirilmesi açısından 35.75 atıf ile literatürde yüksek etkiye sahip olduğu elde edilmiştir. Tematik çeşitliliği kapsamında 2114 anahtar kelimeye sahip olması alanın disiplinler arası ve genişliğini göstermektedir. Ayrıca 2973 araştırmacı sayısı ve bu araştırmacıların 429’nun terk yazarlı çalışmalardan oluşması alanın daha çok iş birliğe dayalı üretim kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Uluslararası iş birliği indeksinin 28.41 olması ise dikkate değer bir düzey olarak gözlemlenmektedir. Küresel olarak etkileşimli ve disiplinler arası bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Alanın Yıllık Üretim Performansı

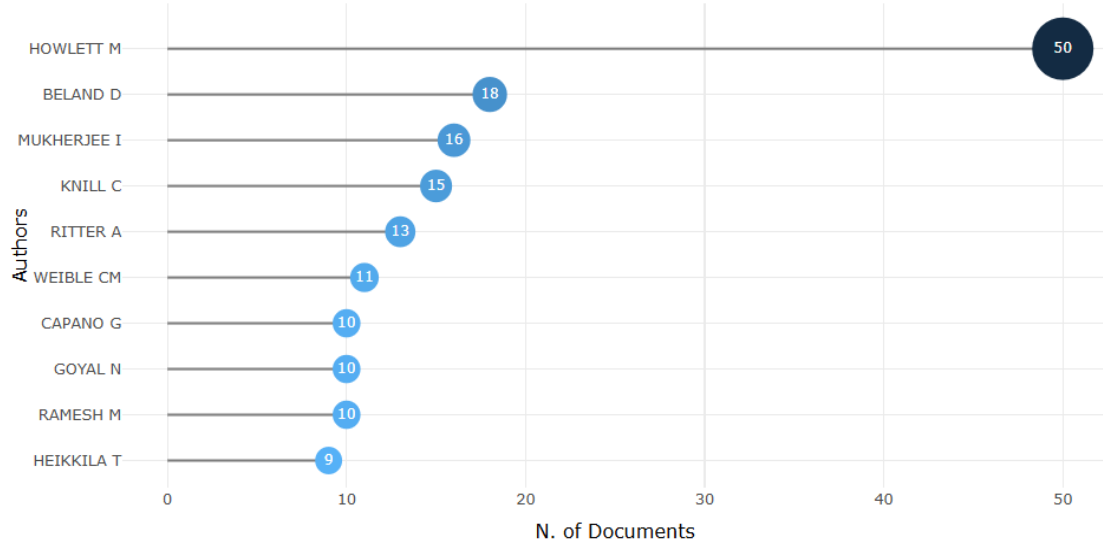
Bilimsel üretim performansına dair veriler incelendiğinde alanın zaman içerisinde yükselen bir trend izlediği gözlemlenmektedir. Olgunlaşma aşamasından yüksek ivmeli bir gelişme dönemine geçiş yaşadığını ortaya koymaktadır. Dönem olarak ele alındığında 1992-2005 döneminde alanın keşif aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. 2008 yılından itibaren başlayan alanın yükseliş trendi küresel olarak yaşanan kriz ardından alana dair ilginin artması uluslararası olarak daha görünür hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının gündeme gelmesiyle alana dair ilgi ivme kazanmıştır. Özellikle 2014 yılından itibaren yükselme döneminin keskinleşmesi bilimsel üretimin yerleşik ve çekici bir konuma geldiğini ortaya koymaktadır. Bazı yıllarda yaşanan dalgalanmalar ise küresel krizlerin ve politika girişimlerinin alana dair araştırma eğilimlerinin geçici olarak yön değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. 2026 yılında yaşanan ani kırılma ise alanda bulunan çalışmaların daha tamamlanmamasından veya veri tabanına henüz düşmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu veriler gerçek bir azalmayı yansıtmamaktadır.

Tablo 2. En Çok Yayın ve Atıf Yapılan Kaynaklar

En Çok Yayın Yapılan Kaynaklar	Makaleler	E Çok Atıf Alan Kaynaklar	Makaleler
POLICY SCIENCES	89	POLICY STUD J	1686
POLICY STUDIES JOURNAL	81	POLICY SCI	1373
POLICY AND POLITICS	58	J EUR PUBLIC POLICY	953
JOURNAL OF EUROPEAN PUBLIC POLICY	52	RES POLICY	776
POLICY STUDIES	47	AM POLIT SCI REV	751
POLICY AND SOCIETY	42	ENERG POLICY	679
JOURNAL OF COMPARATIVE POLICY ANALYSIS	32	PUBLIC ADMIN REV	678
ENERGY POLICY	31	GOVERNANCE	644
EVIDENCE \& POLICY	27	PUBLIC ADMIN	626
POLICY DESIGN AND PRACTICE	27	POLICY SOC	573

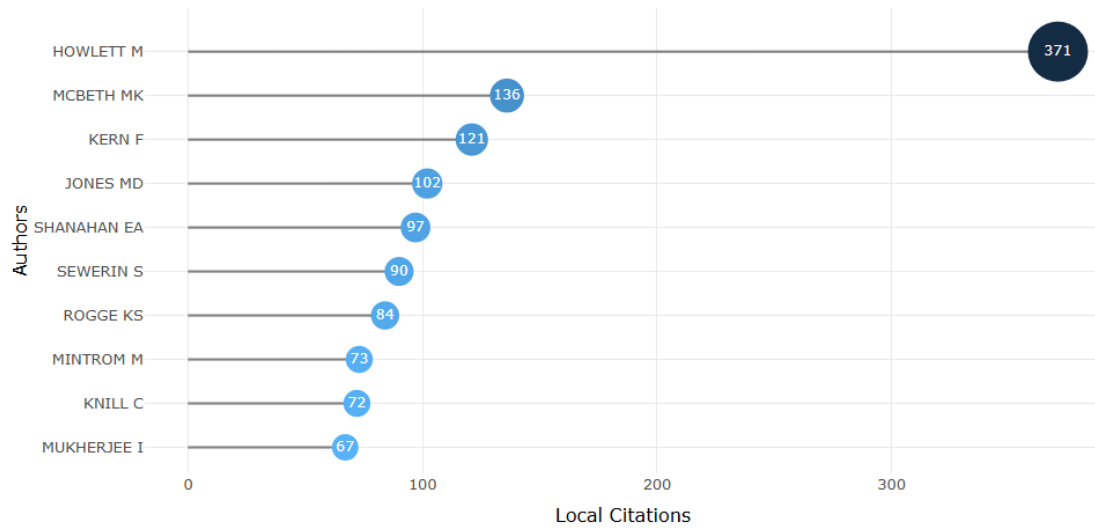
Alanın şekillenmesinde rol oynayan akademik çalışmaların çekirdek kaynaklarda yoğunlaştığı tablo 2'de yer almaktadır. Kaynakların Policy Sciences, Policy Studies Journal gibi politika odaklı dergilerde yer alması döngüsel ekonomi yaklaşımının sürdürülebilirlik perspektifinde sadece çevresel bir dönüşüm içerisinde değil aynı zamanda yönetim, kamu stratejileri ve politika yaklaşımı açısından da ele alındığını göstermektedir. Kaynakların atıf performansına dair veriler ise yüksek etkili dergilerin öne çıktığını göstermektedir. Kaynakların çok disiplinli alanların kesişiminde yer aldığı ve hem yayın olarak hem de atıf olarak büyük ölçüde aynı dergilerde bulunması literatürün belirli bir merkezi konumda yer aldığını göstermektedir.

Alanın daha çok politika temelli ve disiplinler arası bir yapıda genişleme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.



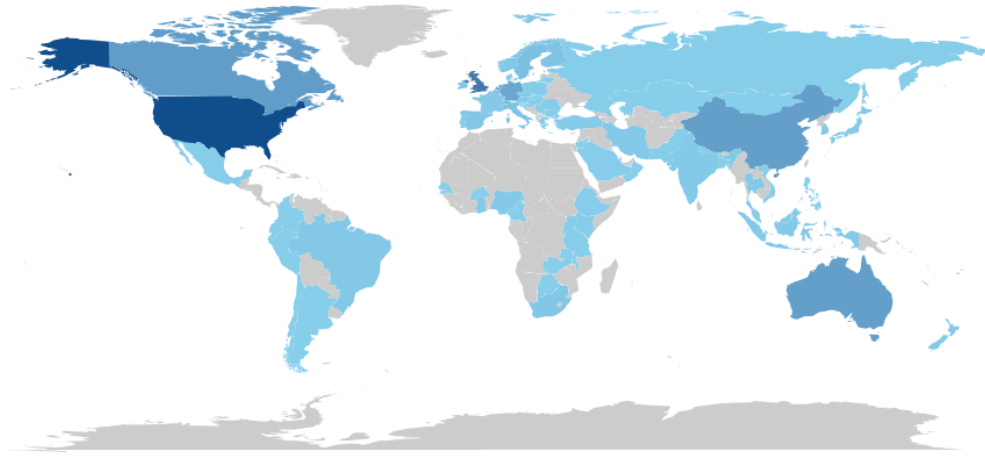
Şekil 2. En Çok Yayın Yapan Yazarlar

Bilimsel üretkenliğe dair elde edilen bulgular alan içerisinde yüksek üretim yapan yazarları göstermektedir. Howlett. M yapmış olduğu alana dair katkısı (n=50) ile önde gelen yazar olma niteliğini taşımaktadır. Döngüsel ekonominin sürdürülebilir gelece entegrasyonu alanının gelişmeleri yönetim çerçevesinde ve kamu politikası içerisinde değerlendirmektedir. Berland. D, Mukherjee. I gibi araştırmacılar da alan içerisinde yüksek katkıda bulunan politika yönetişimi, kurumsal dönüşümü üzerine literatüre katkıları ile alanının disiplinler arası ile epistemolojik yapısını birleştirmektedirler. Weible. CM, Capano. G , Heikkila. T bu yazarlar ise akademik literatürün küresel ölçekte farklı coğrafyalarda etki gösterdiğini ve alanın yapısının politika merkezli işlendiğini desteklemektedir.



Şekil 3. En Çok Atıf Alan Yazarlar

Alan içerisinde yüksek etkiye sahip olan yazarlar değerlendirildiğinde Howlett, M en yüksek yayın ve atıf sayılarına sahiptir. Yazarı atıf sayılarına ilişkin veriler literatürün kavramsal ve metodolojik yönelimini belirleyen referans noktası olduğunu göstermektedir. Ancak diğer yazarlar incelendiğinde yayın ve atıf verilerinin birbirlerini karşılamadığı gözlemlenmektedir. Elde edilen bulgularda yer alan yazarlar yayın sayılarının sınırlı olmasına karşı referans alınmada dikkate değer sonuçlara sahiptir. Bu durum akademik literatürde alanın yüksek hacimli bilimsel üretimle bazı yazarların öne çıktığını aynı zamanda sınırlı çalışmaya sahip yazarların ise referans alındığını göstermektedir. Alanın bilimsel yapısının güçlü üretim performansının politika bilimi araştırmacılarından beslenirken aynı zamanda çevresel politikalar ve dönüşüm yönetişimine odaklandığını ortaya koymaktadır. Bu çift yönlü yapının sonucunda hacim ve etki bakımından alanın dengeli bir görünüm sağladığı, farklı alan içerisinde de kümelendiği sonucuna varılmaktadır.

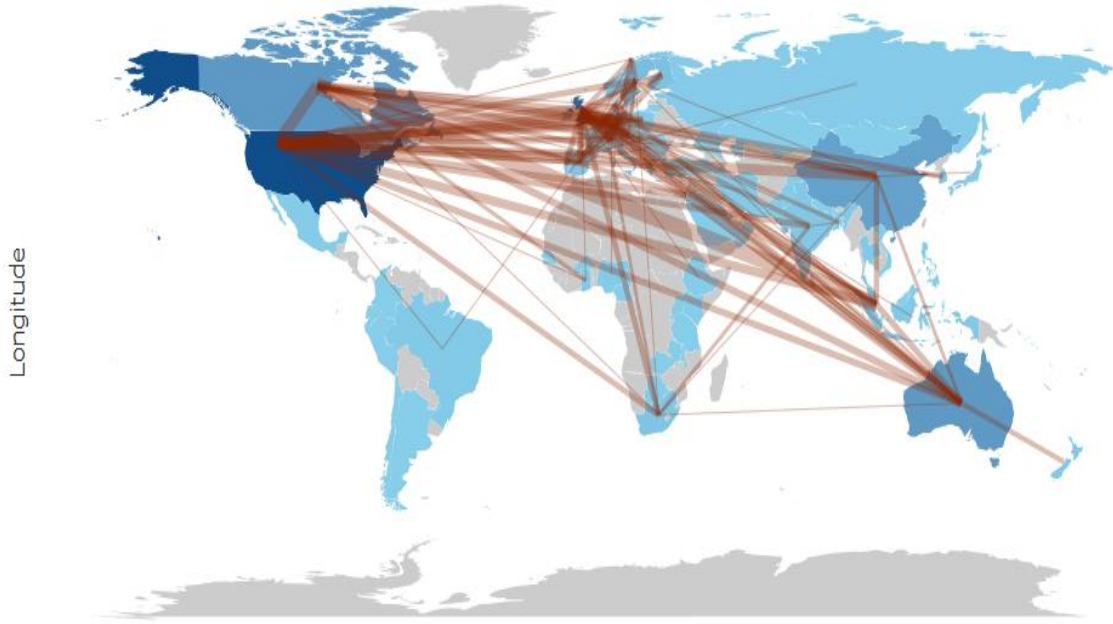


Şekil 4. Ülkelerin Bilimsel Üretim Performansı

Haritada yer alan ülkelerin bilimsel üretim performansına dair bilgiler sahip oldukları renk aralığı ile ölçülmektedir. En fazla üretim performansında bulunan ülkeler koyu renge sahipken sınırlı veya hiç katkıda bulunmayanların ise açık renkte bulunmaktadır. Ülkelerin bilimsel üretim performansı değerlendirildiğinde özellikle Amerika, batı Avrupa ve Avustralya gibi gelişmiş ülkelerin alan içerisinde görünürlüğünün yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu ülkelerin çevresel politika uygulamalarında kurumsallaşmış olması, teknolojik altyapılarının gelişmişliği, atık ve geri dönüşüm yönetiminde etkinliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Alana dair orta seviyede yer alan ülkeler ise bazı Avrupa ülkeleri, Çin, Türkiye, Brezilya, Hindistan, Endonezya, Meksika ve Rusya'dır. Özellikle Türkiye'nin orta koyulukta yer alması bu alan içerisinde bilimsel performans açısından kendisini yükselttiği fakat gelişmiş ülkeler ile kıyaslandığında henüz olgunlaşma seviyesinde bulunduğu gözlemlenmektedir. Türkiye'nin özellikle son yıllarda atık yönetimi ve geri dönüşüm sistemlerini geliştirmesi, sürdürülebilirlik açısından uygulamış olduğu politikalar alana dair katkısını göstermektedir.

Bununla birlikte Afrika'nın büyük bir bölümü ve orta doğu ülkelerinin bir kısmı daha sınırlı performans sergilemektedir. Ülkelerin performans açısından farklılıklara sahip olmasında temel neden ise gelişmişlik seviyesi, çevresel politikalara dair uygulamalar, teknoloji kapasitesinin yetersizliği ve finansman olanakları olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 5. Ülkeler Arası İş Birlik Haritası

Ülkelerin küresel etkileşimi ağı haritası değerlendirildiğinde özellikle ABD, Almanya, Birleşik Krallık ve Avustralya gibi ülkelerin alanın merkezi konumunda yer aldığı ve iş birlik ağlarının yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum ülkelerin alanda merkezi aktör konumunda yer aldığını göstermektedir. Ayrıca Avrupa ülkelerinin yoğun bir bağlantı ağına sahip olması sürdürülebilirlik politikaları açısından, çevreci inovatif faaliyetler sergilemesinden ve döngüsel ekonomi uygulamaları açısından alan içerisinde güçlü iş birlik ağına sahip olduklarını desteklemektedir. Türkiye ise bu alan içerisinde daha çok köprü görevi gören bir ülke olma niteliğini taşımaktadır. Ülkenin Avrupa ve Asya arasında stratejik bir konumda yer alması özellikle Avrupa merkezli ülkelerle daha çok etkileşimde bulunduğu gözlemlenmektedir. Sürdürülebilirlik ve çevre politikaları açıdan bu ülkeler ile etkileşim içerisinde bulunduğunu göstermektedir. İş birlik ağı haritasında merkezi konumda yer alan ülkeler ile kıyaslandığında ise Türkiye'nin bağlantıları daha sınırlı kalmaktadır. Bu alanda ülkenin gelişme potansiyelinin yüksek olduğu ve olgunlaşma sürecinde olduğunu desteklemektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde alanın belirli merkez etrafında yoğunlaştığı gözlemlenmektedir.



Şekil 6. Kelime Bulutu

Alanın kelime bulutuna dair veriler incelendiğinde en dikkat çekici kavramların “policy”, “politics” ve “governance” olduğu görülmektedir. Bu durum akademik literatürde sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi uygulamalarının daha çok politika temelli olduğunu, yönetim mekanizmalarında karar alma süreçleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte “policy design”, “policy analysis”, “implementation” ve “policy instruments” gibi politika sürecine ilişkin kavramların bulunması bu durumu desteklemektedir. Ayrıca “policy design”, “innovation”, “diffusion”, “policy learning” ve “public policy” gibi kavramların da öne çıktığı görülmektedir. Bu kavramlar sürdürülebilir politikaların oluşturulmasında ve uygulanmasında farklı yönetim sistemlerinin de kullanıldığını ortaya koymaktadır. Küresel ölçekte alanın yaygınlaşmasında bilgi paylaşımının, politika öğrenme süreçlerinin önemli olduğunu göstermektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde sürdürülebilirlik politikalarının zaman içerisinde diğer ülkelere aktarılması küresel olarak hedeflerin gerçekleştirilmesinde katkı sağlamaktadır. “Climate policy”, “environmental policy”, “health policy” ve “education policy” gibi kavramlar ise alanın farklı sektörlerde de yer aldığını ve çok boyutlu bir ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Döngüsel ekonominin yayılmasında ekonomik, sosyal ve kurumsal boyutlarında etkisinin bulunduğunu ayrıca sürdürülebilir kalkınma açısından bütüncül bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir.

3.3.1 Prisma Analizi

Tablo 3. Prisma Bulguları

Aşama	Açıklama	Sayı(n)
Kimliklendirme (Identification)	Veri tabanlarında bulunan toplam kayıt	513
	Dublikasyonlar çıkarıldıktan sonra kalan kayıt	403
Tarama (Screening)	Başlık-özet incelemesinde taranan kayıt	403
	Başlık-özet aşamasında elenen kayıt	212
Uygunluk (Eligibility)	Tam metni değerlendirilen çalışmalar	191
	Tam metin uygunluk aşamasında elenen çalışmalar	47
Dahil Edilenler (Included)	Sistematik derlemeye dahil edilen nihai çalışma sayısı	144

Çalışmada prisma akış şeması kapsamında literatürde bulunan alana dair çalışmaların tarama sürecinde elde edilen veriler şeffaflığı ve metodolojik titizliği göstermektedir. 1992-2026 döneminde alana dair çalışmaların verileri incelendiğinde başlangıçta 513 çalışma belirlenmiş olup, bu çalışmalar içerişimde tekrar edenler çıkarıldıktan sonra 403 benzersiz çalışma analiz kapsamına dahil edilmiştir. Çalışmaların başlık ve özet incelemesinde belirlenen kriterlere uymayan çalışmalar sonucunda 2012 çalışma elenmiştir. Tam metin inceleme düzeyindeki tarama neticesinde 191 çalışma dahil edilmiştir ve kriterleri karşılamayan 47 çalışma çıkarılmıştır. Nihai olarak 144 çalışma sistematik derlemeye dahil edilmiştir. Çalışmanın süreci akademik literatürün titizlikle tarandığını yalnızca nitelikli ve metodolojik olarak güçlü çalışmaların çalışmaya dahil edildiğini göstermektedir. Kapsamlı ve şeffaf yöntem ile sistematik derlemenin sonucunda güvenilirlik ile bilimsel geçerlilik ortaya konulmuştur.

Elde edilen veriler neticesinde döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonu alanında akademik literatürde bulunan çalışmaların seçici bir tarama ile belirlenmesi güvenilirliği ve geçerliliği açıklamaktadır.

DEĞERLENDİRME

Çalışmada döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonunu akademik literatürü sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi için bibliyometrik analiz ve prisma yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz yöntemi ile literatürde bulunan alana dair çalışmaları geniş kapsamda değerlendirilirken prisma yöntemi ile yalnızca araştırma sorusuna doğrudan katkı sağlayan çalışmalar yer almıştır. 1992-2026 dönemi ele alınan çalışmada bibliyometrik analiz sonucunda alanın yükselen bir trend izlediği ve politika temelli işlendiği elde edilmiştir. Alanın bilimsel yapısının oluşmasında genel olarak politika bilimi araştırmacıların öne çıktığı hem çevresel hem de yönetime odaklanılması çift yönlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum alanın farklı bilimsel üretimler içerisinde de kümelendiğini göstermiştir. Ekonomik sosyal ve kurumsal boyutlarda alanın etkisinin bulunduğu ve bu etkinin sürdürülebilirlik perspektifinde gerçekleştiği kelime bulutuna dair elde edilen veriler ile desteklenmiştir. İlgili Alanın gelişmesinde öncü olan ülkelerin iş birlik ağlarında yer aldığı ve belli bir merkezi konumda bulunduğu elde edilmiştir. Bu ülkelerin sürdürülebilirlik politikalarının gerçekleştirilmesinde önemli rol oynadığı çalışmada değerlendirilmiştir. Prisma analizinde araştırma sorusuna doğrudan cevap veren çalışmalar sonucunda ise 144 veri elde edilmiştir. Bu doğrultuda elde edilen çalışma sayısı literatürün kapsamlı bir şekilde ve sistematik kriterlere uygun olarak uygulandığını göstermektedir. Bibliyometrik analiz yöntemi ile karşılaştırıldığında döngüsel ekonominin sürdürülebilir geleceğe entegrasyonu alanında geniş bir temaya sahip olduğunu fakat araştırma boşluklarının halen devam ettiğini göstermektedir. Alanın daha etkin bir şekilde literatürde yaygınlaştırılması için elde edilen bulgularda da yer alan inovatif faaliyetlerin ve teknolojik altyapının geliştirilmesi önerilmektedir. İnovatif faaliyetlerde özellikle inovasyonun çevreci yüzü olarak tanımlanan yeşil inovasyon ve çevresel düzenlemelerin gerçekleştirilmesi doğrultusunda politika mekanizmalarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir geleceğin oluşturulması küresel bir konu olmasından dolayı İş birlik ağlarına ait elde edilen bulgular alanın belirli bir merkezde yoğunlaşmasına karşı özellikle gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik politikaların yaygınlaşması kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca Türkiye üzerinden değerlendirildiğinde uluslararası ağlara güçlü bir şekilde bağlanması neticesinde çevresel politika uygulamaları ile alanda performansını artırmaya yönelik bir potansiyelinin bulunduğu elde edilmiştir. Bilgi ve teknoloji transferleri sonucunda döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaşması katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- 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.
- 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.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the circular economy*.
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe*.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144–152.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy? *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703–722.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435–438.
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

EPİLEPSİ YÖNETİMİNDE KETOJENİK DİYET VE YAPAY ZEKA

Ahsen ERGİNSOY

*Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü aergnsy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4025-1328*

Doç. Dr. Neşe KAYA

*Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü nkaya@nny.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5947-3238*

ÖZET

Amaç: Bu derleme, ilaç dirençli epilepsi (İDE) yönetiminde ketojenik diyetin (KD) klinik etkinliğini ve yapay zeka (YZ) uygulamalarının bu alandaki katkılarını güncel kanıtlar çerçevesinde sistematik biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyon kişiyi etkileyen kronik bir nörolojik hastalıktır; hastaların yaklaşık üçte biri mevcut anti-epileptik ilaçlara (AEİ) yanıt vermemektedir. İDE'li hastalarda nöbet kontrolü, yaşam kalitesi ve ani beklenmedik ölüm (SUDEP) riski kritik öneme sahiptir.

Yöntem: PubMed, Scopus, Web of Science ve Cochrane Library veri tabanlarında Ocak 2018-Nisan 2026 tarihleri arasında yayımlanmış makaleler taranmıştır. Sistematik derlemeler, meta-analizler, randomize kontrollü çalışmalar (RKÇ) ve prospektif kohort çalışmaları dahil edilmiş; vaka sunumları, hayvan çalışmaları ve İngilizce dışındaki yayınlar dışlanmıştır. Bulgular beş temel başlık altında sentezlenmiştir: KD etkinliği, varyant tolerabilitesi, YZ tabanlı elektroensefalografi (EEG) analizi, makine öğrenmesi (MÖ) ile yanıt tahmini ve akıllı telefon tabanlı takip sistemleri.

Bulgular: KD, İDE'li hastalarda %50 ve üzeri nöbet azalmasını yaklaşık %55 oranında sağlamakta; tam nöbetsizlik yaklaşık %16 oranında elde edilmektedir. Modifiye Atkins Diyeti (MAD) tolerabilite açısından klasik KD'ye üstünlük göstermektedir. Uzun dönem yan etkiler arasında dehidrasyon (%46,5), gastrointestinal (GİS) sorunlar (%38,8) ve böbrek taşı (%3,1) öne çıkmaktadır. YZ alanında konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ve uzun-kısa dönemli bellek ağları (LSTM), EEG sinyallerinden nöbet paternlerini %88-97 doğrulukla tanımlamaktadır. MÖ modelleri KD yanıtını tedavi başlangıcından önce yüksek doğrulukla öngörebilmekte; giyilebilir YZ sistemleri gerçek zamanlı nöbet tespiti yapabilmektedir.

Sonuç: YZ destekli KD yönetimi, İDE tedavisinde kişiselleştirilmiş ve veri odaklı bir yaklaşım sunmaktadır. Çok merkezli prospektif çalışmaların yürütülmesi ve çok disiplinli ekip protokollerinin geliştirilmesi, klinik entegrasyon için öncelikli adımlar olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Epilepsi, Ketojenik Diyet, Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi, EEG, Nöbet Tahmini.

KETOGENIC DIET AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EPILEPSY MANAGEMENT

Ahsen ERGİNSOY

*Nuh Naci Yazgan University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics
aergnsy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4025-1328*

Assoc. Prof. Dr. Neşe KAYA

*Nuh Naci Yazgan University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics
nkaya@nny.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5947-3238*

ABSTRACT

Objective: This review aims to systematically evaluate the clinical efficacy of the ketogenic diet (KD) in the management of drug-resistant epilepsy (DRE) and to assess the role of artificial intelligence (AI) applications in this field based on current evidence. Epilepsy is a chronic neurological disorder affecting approximately 50 million people worldwide; approximately one third of patients fail to respond to available antiepileptic drugs (AEDs). In patients with DRE, seizure control, quality of life, and the risk of sudden unexpected death in epilepsy (SUDEP) are of critical importance.

Methods: A literature search was conducted across PubMed, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library databases for articles published between January 2018 and April 2026. Systematic reviews, meta analyses, randomized controlled trials (RCTs), and prospective cohort studies were included; case reports, animal studies, and non-English publications were excluded. Findings were synthesized under five domains: KD efficacy, variant tolerability, AI based electroencephalography (EEG) analysis, machine learning (ML) driven response prediction, and smartphone based monitoring systems.

Results: KD achieves 50% or greater seizure reduction in approximately 55% of DRE patients; complete seizure freedom is attained in approximately 16%. The Modified Atkins Diet (MAD) demonstrates superior tolerability over the classical KD. Long term adverse effects include dehydration (46.5%), gastrointestinal (GI) disturbances (38.8%), and nephrolithiasis (3.1%). Convolutional neural networks (CNNs) and long-short term memory (LSTM) networks identify seizure patterns from EEG signals with 88-97% accuracy. ML models predict KD treatment response prior to initiation with high sensitivity; wearable AI systems achieve real-time seizure detection with high accuracy.

Conclusion: AI integrated KD management offers a personalized and data driven approach to DRE treatment. Conducting multicenter prospective studies and developing multidisciplinary team protocols are considered priority steps for clinical integration.

Keywords: Epilepsy, Ketogenic Diet, Artificial Intelligence, Machine Learning, EEG, Seizure Prediction.

1. GİRİŞ

Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyon kişiyi etkileyen, tekrarlayan provoke edilmemiş nöbetlerle karakterize kronik bir nörolojik hastalıktır (WHO, 2023). Antiepileptik ilaçlar (AEİ) pek çok hastada nöbet kontrolünü sağlayabilmektedir; ancak hastaların yaklaşık %30'ı mevcut ilaç tedavilerine yanıt vermemekte ve ilaç dirençli epilepsi (İDE) tanısı almaktadır (Sultana vd., 2021). İDE; bireylerin yaşam kalitesini, mesleki ve sosyal işlevselliğini ciddi biçimde zedelemekte, ani beklenmedik ölüm (SUDEP) riskini de anlamlı ölçüde artırmaktadır (Sveinsson vd., 2020).

Ketojenik diyet (KD), yüksek yağ ve düşük karbonhidrat içeriğiyle ketozis durumu oluşturan, nöbet kontrolündeki etkinliği kanıtlanmış bir diyet tedavisidir (Martin-McGill vd., 2018). Güncel meta analizler, KD'nin İDE'li hastalarda %50 ve üzeri nöbet azalması sağlama oranının yaklaşık %55 olduğunu ve tam nöbetsizliğin yaklaşık %16 oranında elde edilebildiğini ortaya koymaktadır (Martin-McGill vd., 2018). Modifiye Atkins Diyeti (MAD) başta olmak üzere çeşitli KD varyantları, tolerabilite üstünlükleri nedeniyle klinik uygulamada giderek yaygınlaşmaktadır (Devi vd., 2023).

Yapay zeka (YZ) ve makine öğrenmesi (MÖ) teknolojileri, nöroloji alanında tanısal ve terapötik karar destek sistemleri olarak giderek önem kazanmaktadır. Özellikle elektroensefalografi (EEG) sinyallerinin derin öğrenme modelleriyle analizi, nöbet paternlerinin yüksek doğrulukla otomatik olarak saptanmasını mümkün kılmaktadır (Rasheed vd., 2020). Bunun yanı sıra, KD yanıtının tedavi başlanmadan öngörülmesinde MÖ algoritmalarının kullanımı, kişiselleştirilmiş epilepsi yönetiminde yeni olanaklar sunmaktadır.

Bu sistematik derleme; İDE yönetiminde KD'nin klinik etkinliğini, çeşitli KD varyantlarının tolerabilite profillerini ve YZ/MÖ uygulamalarının tanı, izleme ile yanıt tahminindeki katkılarını güncel literatür bulgularını sentezleyerek değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Literatür Tarama Stratejisi

Bu çalışma sistematik derleme metodolojisiyle tasarlanmıştır. PubMed, Scopus, Web of Science ve Cochrane Library veri tabanlarında Ocak 2018-Nisan 2026 tarihleri arasında yayımlanmış İngilizce makaleler taranmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler şunlardır: "ketogenic diet", "epilepsy", "drug resistant epilepsy", "artificial intelligence", "machine learning", "deep learning", "EEG", "seizure detection", "seizure prediction" ve bu terimlerin Boole operatörleriyle oluşturulan kombinasyonları.

2.2. Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri

Çalışmaya sistematik derlemeler, meta analizler, randomize kontrollü çalışmalar (RKÇ) ve prospektif kohort çalışmaları dahil edilmiştir. Vaka sunumları, editöryel yazılar, hayvan çalışmaları ve İngilizce dışındaki yayınlar ile yalnızca İDE dışındaki epilepsi sendromlarını ele alan çalışmalar kapsam dışında tutulmuştur.

2.3. Veri Sentezi

Dahil edilen çalışmalardan yazar, yayın yılı, çalışma tasarımı, örneklem büyüklüğü, uygulanan KD türü veya YZ yöntemi, birincil sonuç ölçütü ve başarı metrikleri sistematik olarak çıkarılmıştır. Bulgular beş temel başlık altında tematik sentez yöntemiyle özetlenmiştir: (1) KD etkinliği, (2) varyant tolerabilitesi, (3) YZ tabanlı EEG analizi, (4) MÖ ile KD yanıt tahmini ve (5) akıllı telefon/giyilebilir tabanlı takip sistemleri.

3. BULGULAR

3.1. Ketojenik Diyetin Klinik Etkinliği

Güncel meta analizler ve sistematik derlemeler KD'nin İDE'li hastalarda anlamlı nöbet azalması sağladığını tutarlı biçimde ortaya koymaktadır. Martin-McGill vd.'nin (2018) 13 çalışmayı ve 932 katılımcıyı kapsayan Cochrane meta analizinde KD ile %50 ve üzeri nöbet azalması %55 oranında sağlanmış; tam nöbetsizlik yaklaşık %16 oranında elde edilmiştir. Çocuk hastalarda yetişkinlere kıyasla daha yüksek etkinlik oranları bildirilmekte olup bu oran pediatrik popülasyonlarda %60'ı aşmaktadır (Devi vd., 2023). KD'nin etki mekanizmaları tam olarak aydınlatılamamış olmakla birlikte, ketozis durumunun nöronal eksitabiliteyi azalttığı, GABA/glutamat dengesini modüle ettiği ve mitokondriyal biyogenezini artırdığı düşünülmektedir (Qiao vd., 2024).

3.2. KD Varyantları ve Tolerabilite

MAD, karbonhidratı 10-20 g/gün ile sınırlandırarak ancak yağ ve protein miktarları üzerinde daha az kısıtlama uygulayan bir KD varyantıdır. Yapılan karşılaştırmalı çalışmalar MAD'nin etkinlik açısından klasik KD ile benzer sonuçlar verdiğini; ancak tedaviye uyum, uygulama kolaylığı ve aile memnuniyeti açısından belirgin üstünlük sağladığını göstermektedir (Manral vd., 2023). Uzun dönem yan etkiler açısından değerlendirildiğinde dehidrasyon (%46,5), GİS sorunlar (%38,8) ve böbrek taşı (%3,1) en sık bildirilen komplikasyonlar olarak öne çıkmaktadır (Devi vd., 2023).

Tablo 3.1. Ketojenik Diyet Varyantlarının Etkinlik ve Tolerabilite Karşılaştırması

KD Varyantı	Yağ/KH Oranı	%50+ Nöbet Azalması	Tam Nöbetsizlik	Tolerabilite
Klasik KD (4:1)	4:1	~%55	~%16	Orta
Klasik KD (3:1)	3:1	~%50	~%14	İyi
Modifiye Atkins (MAD)	Serbest yağ	~%50	~%14	Çok İyi
Düşük Glisemik İndeks	Düşük GI	~%42	~%11	İyi
MCT Diyeti	MCT yağ asidi	~%48	~%13	İyi

Kaynak: Martin-McGill vd. (2018); Devi vd. (2023) verilerinden derlenmiştir.

3.3. Yapay Zeka Tabanlı EEG Analizi

CNN ve LSTM ağları, EEG sinyallerinden nöbet paternlerini %88-97 doğrulukla tanımlamaktadır (Rasheed vd., 2020). Özellikle hibrit CNN-LSTM mimarileri, hem lokal hem de zamansal EEG özelliklerini eş zamanlı öğrenerek geleneksel MÖ yöntemlerine kıyasla anlamlı performans artışı sunmaktadır. Başarıyla çalışan YZ modelleri; yanlış pozitif oranlarını azaltarak klinisyenlerin hasta izleme yükünü önemli ölçüde hafifletme potansiyeline sahiptir.

3.4. Makine Öğrenmesi ile KD Yanıt Tahmini

MÖ modelleri, klinik, biyokimyasal ve genomik verilerden yararlanarak KD yanıtını tedavi başlangıcından önce öngörebilmektedir. Bu alanda rastgele orman ve gradyan artırma algoritmalarına dayalı modellerin yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleriyle KD yanıtını tedavi öncesinde öngörebildiği bildirilmektedir. Kullanılan öngördürücüler arasında nöbet tipi, epilepsi sendromu, başlangıç yaşı, EEG özellikleri ve biyokimyasal metabolit profilleri öne çıkmaktadır.

Tablo 3.2. Epilepsi Yönetiminde Kullanılan Yapay Zeka Yöntemleri ve Performans Metrikleri

YZ/MÖ Yöntemi	Uygulama Alanı	Doğruluk (%)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)
CNN	EEG nöbet tespiti	92-97	91-96	90-95
LSTM	EEG nöbet tahmini	88-94	87-93	86-92
CNN-LSTM (Hibrit)	EEG analizi	95-97	94-96	93-96

Kaynak: Rasheed vd. (2020) verilerinden derlenmiştir.

3.5. Akıllı Telefon Tabanlı ve Giyilebilir Takip Sistemleri

Giyilebilir YZ sistemleri, elektrodermik aktivite, ivme ölçer ve kalp hızı değişkenliği gibi fizyolojik parametreleri entegre ederek gerçek zamanlı nöbet tespiti yapabilmektedir. Mevcut çalışmalar bu sistemlerin yüksek duyarlılık değerlerine ulaşabildiğini göstermektedir. Akıllı telefon tabanlı uygulamalar ise nöbet günlüğü tutma, ilaç hatırlatma ve KD makro besin takibi işlevleriyle hastaların tedaviye uyumunu güçlendirmektedir.

4. TARTIŞMA

Bu sistematik derleme, KD'nin İDE yönetiminde kanıta dayalı etkinliğini ve YZ teknolojilerinin bu alandaki dönüştürücü potansiyelini kapsamlı biçimde ortaya koymaktadır. KD'nin yaklaşık %55 oranında %50 ve üzeri nöbet azalması sağlaması, çoklu AEİ kombinasyonlarına yanıtız hastalarda güçlü bir tedavi seçeneği sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte uzun vadeli tolerabilite sorunları, KD'nin klinik uygulanabilirliğini sınırlayan başlıca etken olarak öne çıkmaya devam etmektedir (Devi vd., 2023).

YZ tabanlı EEG analizi, nöbet tespitini ve tahminini standart klinik yöntemlerin ötesinde bir hassasiyete taşımaktadır. CNN-LSTM hibrit modellerinin %95-97 doğruluk değerlerine ulaşması, bu teknolojilerin yoğun bakım ve uzun dönemli ambulatuvar izlem ortamlarında EEG yorumunu destekleyici bir araç olarak kullanılmasının önünü açmaktadır. Öte yandan mevcut modellerin büyük çoğunluğu tekli merkezlerde ve küçük örneklem gruplarında geliştirilmiş olduğundan, dış geçerliliğın sınırlı kalması temel metodolojik kısıtlılık olarak değerlendirilmektedir (Rasheed vd., 2020).

KD yanıt tahmininde MÖ algoritmalarının kullanımı, klinisyenlere tedavi kararı öncesinde değerli bir karar destek aracı sunmaktadır. Ancak bu modellerin gerçek klinik ortamlarda, çeşitli hasta popülasyonlarında ve çok merkezli veri setlerinde prospektif olarak doğrulanması zorunludur. Sağlık verilerinin standardizasyonu ve klinik YZ uygulamalarında etik yasal çerçevelerin oluşturulması da çözüm bekleyen öncelikli sorunlar arasında yer almaktadır.

Giyilebilir YZ sistemleri ve akıllı telefon tabanlı uygulamalar, epilepsi yönetiminde hasta merkezli, kesintisiz izleme olanağı sunmaktadır. Bu teknolojilerin hasta tarafından kabul edilebilirliği ve günlük yaşama entegrasyonu, klinik benimseme sürecindeki belirleyici etkenlerden biridir. Pil ömrü, veri gizliliği ve sensör güvenilirliği gibi teknolojik zorlukların aşılması da bu alandaki araştırmaların öncelikli gündem maddesi olmaya devam etmektedir.

5. SONUÇ

Bu derleme, İDE yönetiminde KD ve YZ teknolojilerinin entegrasyonunun önemli klinik fırsatlar sunduğunu ortaya koymaktadır. KD, uygun hasta popülasyonlarında etkili ve kanıta dayalı bir tedavi seçeneği olmayı sürdürmektedir. YZ tabanlı EEG analizi, MÖ destekli KD yanıt tahmini ve giyilebilir izleme sistemleri ise epilepsi yönetimini kişiselleştirme ve optimize etme açısından büyük potansiyel taşımaktadır.

Klinik entegrasyonun hızlandırılması için çok merkezli prospektif çalışmaların yürütülmesi, YZ modellerinin dış geçerlilik testlerinin yapılması, çok disiplinli ekip protokollerinin (nörolog, diyetisyen, yazılım mühendisi) geliştirilmesi ve sağlık veri standartlarının oluşturulması öncelikli adımlar olarak değerlendirilmektedir. Bu hedeflere ulaşıldığında YZ destekli KD yönetimi, İDE'li hastalarda yaşam kalitesini ve tedavi sonuçlarını anlamlı biçimde iyileştirecek güçte bir klinik araç olarak konumlanacaktır.

KAYNAKÇA

Rasheed, K., Qayyum, A., Qadir, J., Sivathamboo, S., Kwan, P., Kuhlmann, L., ... & Razi, A. (2020). Machine learning for predicting epileptic seizures using EEG signals: A review. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 14, 139-155.

World Health Organization. (2023). *Why encephalitis matters? Report of the virtual meeting, 28-29 June 2022*. World Health Organization.

Devi, N., Madaan, P., Kandoth, N., Bansal, D., & Sahu, J. K. (2023). Efficacy and safety of dietary therapies for childhood drug-resistant epilepsy: a systematic review and network meta-analysis. *JAMA pediatrics*, 177(3), 258-266.

Manral, M., Dwivedi, R., Gulati, S., Kaur, K., Nehra, A., Pandey, R. M., ... & Tripathi, M. (2023). Safety, efficacy, and tolerability of modified Atkins diet in persons with drug-resistant epilepsy: a randomized controlled trial. *Neurology*, 100(13), e1376-e1385.

- Martin-McGill, K. J., Jackson, C. F., Bresnahan, R., Levy, R. G., & Cooper, P. N. (2018). Ketogenic diets for drug-resistant epilepsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11).
- Qiao, Y. N., Li, L., Hu, S. H., Yang, Y. X., Ma, Z. Z., Huang, L., ... & Zhao, S. M. (2024). Ketogenic diet-produced β -hydroxybutyric acid accumulates brain GABA and increases GABA/glutamate ratio to inhibit epilepsy. *Cell discovery*, 10(1), 17.
- Sultana, B., Panzini, M. A., Veilleux Carpentier, A., Comtois, J., Rioux, B., Gore, G., ... & Keezer, M. R. (2021). Incidence and prevalence of drug-resistant epilepsy: a systematic review and meta-analysis. *Neurology*, 96(17), 805-817.
- Sveinsson, O., Andersson, T., Mattsson, P., Carlsson, S., & Tomson, T. (2020). Clinical risk factors in SUDEP: a nationwide population-based case-control study. *Neurology*, 94(4), e419-e429.

SAĞLIK BİLİMLERİNDE YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİKROBİYOM-KÖK HÜCRE-BESLENME EKSENİ VE TERAPÖTİK POTANSİYELİ

Ahsen ERGİNSOY

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı

aergnsy@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4025-1328

Emel ÇOLAK

Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı

colakk.emell@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4040-7855

ÖZET

Amaç: Bu derleme; bağırsak mikrobiyotası, intestinal kök hücre (BKH) nişi ve beslenme arasındaki karmaşık ilişkileri yapay zeka (YZ) perspektifinden sistematik biçimde incelemeyi ve bu üç kritik biyolojik sistemin etkileşimlerini anlamlandırmada YZ'nin rolünü kapsamlı olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: PubMed, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında 2015-2025 yılları arasında yayınlanan, YZ-mikrobiyom-kök hücre veya beslenme-mikrobiyom-kök hücre kesişimini ele alan çalışmalar sistematik biçimde derlenmiştir. Veteriner histoloji ve embriyoloji literatüründen elde edilen One Health perspektifi de analize dahil edilmiştir.

Bulgular: Bağırsak Lgr5+ kök hücrelerinin, mikrobiyota kaynaklı kısa zincirli yağ asitleri (özellikle bütirat) aracılığıyla düzenlendiği; kript mimarisinin ise bu inhibitör etkiden BKH'leri koruduğu gösterilmektedir. Diyet örüntüleri özellikle yüksek posalı, prebiyotik açısından zengin Akdeniz tipi beslenme mikrobiyom-BKH eksenini epigenetik mekanizmalar aracılığıyla olumlu yönde modülasyona uğratmaktadır. YZ uygulamaları; makine öğrenmesi ile mikrobiyom profillenmesi, derin öğrenme ile kript histolojisi analizi ve doğal dil işleme ile literatür madenciliği alanlarında bu üçlü eksenini anlamlandırmada kritik roller üstlenmektedir. One Health çerçevesinde değerlendirilen veteriner ve insan modelleri arasındaki karşılaştırmalı analizler, BKH nişi mekanizmalarının türler arasındaki evrimsel korunumunu teyit etmektedir. İnflamatuvar bağırsak hastalığı, kolorektal kanser ve metabolik sendrom, bu entegratif yaklaşımın klinik uygulanabilirliğini en açık biçimde gösteren hastalık modelleri olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç: YZ destekli kişiselleştirilmiş beslenme, mikrobiyom-BKH eksenini homeostazisini optimize etme potansiyeline sahip olup rejeneratif tıpta yeni bir terapötik paradigmanın kapılarını aralamaktadır. Bu entegratif yaklaşım, sağlık bilimlerinin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bağırsak Mikrobiyotası, Kök Hücre Nişi, Beslenme Epigenetiği, Yapay Zeka, One Health, Terapötik Potansiyel, Lgr5+, İnflamatuvar Bağırsak Hastalığı

AI-SUPPORTED MICROBIOME-STEM CELL-NUTRITION AXIS AND THERAPEUTIC POTENTIAL IN HEALTH SCIENCES

Ahsen ERGİNSOY

*Nuh Naci Yazgan University, Department of Nutrition and Dietetics
aergnsy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4025-1328*

Emel ÇOLAK

*Erciyes University, Institute of Health Sciences, Department of Veterinary Histology and Embryology
colakk.emell@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4040-7855*

ABSTRACT

Objective: This review aims to systematically examine the complex interactions between gut microbiota, intestinal stem cell (ISC) niche, and nutrition from an artificial intelligence (AI) perspective, and to comprehensively evaluate the role of AI in deciphering the interactions of these three critical biological systems.

Methods: Studies published between 2015-2025 in PubMed, Scopus, and Web of Science databases addressing the intersection of AI-microbiome-stem cell or nutrition-microbiome-stem cell were systematically reviewed. A One Health perspective derived from veterinary histology and embryology literature was also incorporated into the analysis.

Results: Intestinal Lgr5+ stem cells are regulated by microbiota derived short chain fatty acids (particularly butyrate), while crypt architecture protects ISCs from this inhibitory effect. Dietary patterns especially high fiber, prebiotic rich Mediterranean type nutrition positively modulate the microbiome ISC axis through epigenetic mechanisms. AI applications play critical roles in deciphering this tripartite axis through machine learning based microbiome profiling, deep learning based crypt histology analysis, and NLP based literature mining. Comparative analyses between veterinary and human models within the One Health framework confirm the evolutionary conservation of ISC niche mechanisms across species. Inflammatory bowel disease, colorectal cancer, and metabolic syndrome emerge as the most compelling disease models demonstrating clinical applicability of this integrative approach.

Conclusion: AI driven personalized nutrition holds potential to optimize microbiome ISC axis homeostasis, opening new therapeutic paradigms in regenerative medicine. This integrative approach carries significant implications for the future of health sciences.

Keywords: Gut Microbiota, Stem Cell Niche, Nutritional Epigenetics, Artificial Intelligence, One Health, Therapeutic Potential, Lgr5+, Inflammatory Bowel Disease

1. GİRİŞ

İnsan bağırsağı, 10 ila 100 trilyon mikroorganizmadan oluşan ve kolektif olarak 'bağırsak mikrobiyotası' olarak adlandırılan kompleks bir ekosisteme ev sahipliği yapmaktadır. Bu mikrobiyal topluluk; sindirim, bağışıklık sistemi gelişimi, metabolizma ve hatta beyin işlevi gibi pek çok fizyolojik süreçte kritik roller üstlenmektedir. Son on yılda yapılan araştırmalar, bağırsak mikrobiyotasının yalnızca sindirim süreçleriyle sınırlı kalmayıp, bağırsak kök hücrelerinin (BKH) proliferasyonu, diferansiyasyonu ve homeostazisini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur.

Bununla eş zamanlı olarak, yapay zekanın (YZ) biyomedikal araştırmalara entegrasyonu hız kazanmaktadır. Makine öğrenmesi, derin öğrenme ve doğal dil işleme (NLP) gibi YZ alt alanları; genomik, metabolomik ve mikrobiyom verilerinin analizinde devrimsel bir dönüşüm sağlamaktadır. Bu teknolojiler, geleneksel biyoistatistik yöntemlerin çözümleyemediği çok boyutlu biyolojik verileri anlamlandırma kapasitesine sahiptir.

Beslenme, bu denklemin üçüncü ve belki de en modifiye edilebilir bileşenini oluşturmaktadır. Diyet örüntüleri, mikrobiyom kompozisyonunu şekillendirerek BKH nişi üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etkiler yaratmaktadır. Bu üçlü ilişkinin mikrobiyota, kök hücreler ve beslenme YZ destekli sistemlerle bütüncül bir bakış açısıyla incelenmesi, kişiselleştirilmiş tıp alanında yeni terapötik paradigmalara kapı aralamaktadır.

Bu derleme; söz konusu üç biyolojik sistemin etkileşimlerini ve YZ'nin bu ilişkiyi anlamlandırmadaki rolünü kapsamlı biçimde ele almayı, literatürde varolan boşlukları tespit etmeyi ve gelecekteki araştırma yönelimlerine ışık tutmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, One Health yaklaşımı çerçevesinde veteriner ve insan modelleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek derlemeye özgün bir boyut kazandırılmıştır.

2. BAĞIRSAK KÖK HÜCRE NİŞİ VE MİKROBİYOTA İLİŞKİSİ

2.1. Bağırsak Kök Hücrelerinin Biyolojisi

Bağırsak epiteli, vücuttaki en hızlı yenilenen dokulardan biridir; her 4-5 günde bir tamamen yenilenmektedir. Bu olağanüstü yenilenme kapasitesi, kript tabanında yerleşik olan Lgr5+ işaretçisi taşıyan bağırsak kök hücrelerine (BKH) dayanmaktadır. Lgr5+ BKH'ler; Wnt, Notch ve BMP sinyal yollarının sıkı kontrolü altında proliferasyon olarak enterositler, goblet hücreleri, enteroendokrin hücreler ve Paneth hücrelerini içeren tüm bağırsak epitel hücre tiplerini oluşturmaktadır.

Kök hücre nişi, yalnızca hücresel bileşenlerden değil; ekstrasellüler matriks, büyüme faktörleri, bağırsak lümenindeki mikrobiyal sinyaller ve beslenme kaynaklı metabolitler gibi çevresel faktörlerden de oluşmaktadır. Bu nişi değiştiren herhangi bir etken, BKH homeostazisini bozarak inflamasyon, kanserleşme ve yenilenme kapasitesinin azalması gibi patolojik sonuçlara yol açabilmektedir.

2.2. Mikrobiyotanın BKH Nişi Üzerindeki Etkileri

Gnotobiyotik (mikropsuz) hayvan modelleri, bağırsak mikrobiyotasının kök hücre biyolojisi açısından vazgeçilmez olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Mikrobiyomsuz farelerde BKH proliferasyonunun belirgin biçimde azaldığı, kript morfolojisinin bozulduğu ve epitelyal yenilenmenin yavaşladığı gözlemlenmiştir. Kommensaller (özellikle Akkermansia muciniphila, Lactobacillus rhamnosus, Faecalibacterium prausnitzii) belirli metabolitler aracılığıyla kök hücre aktivitesini düzenlemektedir.

Özellikle kısa zincirli yağ asitleri (KZYA), mikrobiyota-BKH ekseninin temel mediatörleri arasında yer almaktadır. Bütirat, propiyonat ve asetat; histon deasetilaz (HDAC) inhibisyonu, G-protein bağlantılı reseptörler (GPR41, GPR43, GPR109a) ve epigenetik mekanizmalar aracılığıyla BKH farklılaşmasını ve kript homeostazisini modülasyona uğratmaktadır. Kaiko vd. (2016), bütiratın fizyolojik konsantrasyonlarda intestinal kök hücre proliferasyonunu güçlü biçimde inhibe ettiğini göstermiştir; kript mimarisinin ise diferansiye kolonositler aracılığıyla bütiratı metabolize ederek kök hücrelerini bu inhibitör etkiden koruduğunu ortaya koymuştur. Bütirat ayrıca goblet hücresi farklılaşmasını artırarak bariyer bütünlüğünü desteklemekte ve GPR109a reseptörü üzerinden Wnt/Beta-katenin yolunu düzenleyerek tümör baskılayıcı etki göstermektedir.

2.3. Veteriner Perspektifi: One Health Boyutu

Bağırsak kök hücresi biyolojisi yalnızca insan sağlığı açısından değil, veteriner tıp alanında da kritik öneme sahiptir. Evcil hayvanlar, büyükbaş hayvanlar ve laboratuvar hayvanlarında bağırsak epiteli yenilenmesi üzerine yapılan histolojik çalışmalar, türüçi farklılıkları ortaya koymakla birlikte Lgr5+ kök hücre nişi çoğalma mekanizmalarının evrimsel korunumunu da teyit etmektedir.

Domuz bağırsak modeli, insan bağırsak biyolojisiyle yüksek anatomik ve fizyolojik benzerlik taşıması nedeniyle özellikle değerli kabul edilmektedir. Sığır, koyun ve tavuk gibi tarım hayvanlarında mikrobiyota kök hücre eksenine yönelik araştırmalar, bu hayvanlarda görülen gastroenterolojik patolojilere karşı daha etkili beslenme stratejileri geliştirilmesine kapı aralamaktadır. One Health yaklaşımı, insan ve hayvan sağlığını birbirine bağlayan bu araştırmaları bütüncül bir perspektifle ele alarak disiplinlerarası inovasyon için verimli bir zemin oluşturmaktadır (One Health High-Level Expert Panel [OHHLEP], 2023).

3. BESLENMENİN BAĞIRSAK KÖK HÜCRE NİŞİNE EPİGENETİK ETKİSİ

3.1. Diyet Bileşenlerinin KZYA Üretimi Üzerindeki Etkisi

Diyetle alınan posa, prebiyotikler ve fermente gıdalar; KZYA üreten bakteri (Roseburia, Ruminococcus, Bifidobacterium) popülasyonlarını besleyerek BKH homeostazisini modülasyona uğratmaktadır. Yüksek posalı diyetlerin (günde 25-38 gram) kolondaki bütirat düzeylerini artırdığı ve buna bağlı olarak kript kök hücresi proliferasyon hızının yükseldiği gözlemlenmiştir.

Öte yandan Batı tipi diyetler yüksek doymuş yağ, düşük posa içeriğine sahip beslenme örüntüleri disbiyozu (mikrobiyom dengesizliği) tetikleyerek KZYA üretimini belirgin biçimde azaltmakta, bariyer işlevini bozmakta ve BKH nişi homeostazisini sekteye uğratmaktadır. Bu süreç, intestinal permeabilitede artışa ve potansiyel olarak kript hiperproliferasyonuna zemin hazırlayarak kolorektal kanser gelişimi riskini yükseltmektedir.

3.2. Mikro Besin Öğeleri ve Kök Hücre Epigenetiği

D vitamini, çinko, A vitamini ve folik asit; BKH proliferasyonu ve farklılaşması üzerinde kritik epigenetik roller üstlenmektedir. D vitamini reseptörü (VDR), bağırsak epitelinde yoğun şekilde ifade edilmekte ve Wnt sinyal yolunun düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır. D vitamini eksikliğinin disbiyozisle ilişki içinde olduğu ve kolorektal kanser riskini artırdığı literatürde kapsamlı biçimde belgelenmiştir.

Çinko, intestinal kök hücre proliferasyonu için zorunlu bir kofaktördür; eksikliğinde kript atrofi gözlemlenmektedir. A vitamini (retinol ve türevleri), goblet hücre farklılaşmasını yönlendiren Notch/Math1 sinyal yolunu düzenlemektedir. Folik asit ise BKH'lerde kritik bir epigenetik mekanizma olan DNA metilasyonu için gerekli tek karbon metabolizmasının temel substratıdır.

3.3. Akdeniz Diyeti ve Mikrobiyom Kök Hücre Ekseni

Epidemiyolojik ve klinik çalışmalar, Akdeniz diyetine (yüksek meyve, sebze, tam tahıl, zeytinyağı, balık içeriği) uyumun yararlı mikrobiyom profillerini ve intestinal kök hücre sağlığını desteklediği yönünde güçlü kanıtlar sunmaktadır. Meta analizler, Akdeniz diyetine yüksek uyumun kolorektal kanser riskini istatistiksel olarak anlamlı biçimde azalttığını ve inflamatuvar belirteçleri düşürdüğünü ortaya koymaktadır (Morze vd., 2021).

Zeytinyağında bulunan oleokantal ve polifenoller; anti-inflamatuar etki, HDAC inhibisyonu ve BKH proliferasyonu üzerindeki destekleyici etkileri ile Akdeniz diyetinin koruyucu etkilerine katkıda bulunmaktadır. Omega-3 yağ asitleri ise mikrobiyom çeşitliliğini artırarak antiinflamatuar KZYA üretimini teşvik etmektedir.

4. YAPAY ZEKANIN MİKROBİYOM-KÖK HÜCRE-BESLENME ÜÇGENİNDEKİ UYGULAMALARI

4.1. Makine Öğrenmesi ile Mikrobiyom Analizi

Geleneksel 16S rRNA ve shotgun metagenomik analizler, sindirimsel hastalık riskini tahmin etmede ve kişiye özel tedavi stratejileri geliştirmede yetersiz kalmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları özellikle rastgele orman (Random Forest), destek vektör makineleri (SVM) ve derin sinir ağları çok sayıda mikrobiyal türün karşılıklı etkileşimlerinden oluşan karmaşık örüntüleri tanımlama kapasitesine sahiptir. Bu yaklaşımın sağlık ve hastalık durumlarındaki mikrobiyom profillerini %85-95 duyarlılık değerlerine ulaşarak birbirinden ayırt edebildiği gösterilmiştir.

Günümüzde çeşitli YZ destekli mikrobiyom analiz platformları (BioMe, Seed Health AI, Atlas Biomed) kişiye özel probiyotik ve diyet önerileri üretmektedir. Ancak bu platformlar henüz BKH nişi etkilerini doğrudan içselleştirememenin sınırlılığını taşımaktadır; bu durum gelecekteki araştırmalar için kritik bir geliştirme alanı oluşturmaktadır.

4.2. Derin Öğrenme ile Histolojik Görüntü Analizi

Konvolüsyonel sinir ağları (CNN), histolojik bağırsak biyopsisi görüntülerini insan patolojılara eşit hatta zaman zaman üstün doğrulukla analiz edebilmektedir. Bu sistemler; kript morfolojisi, goblet hücresi yoğunluğu, mitotik indeks ve metaplazi gibi kök hücre kompartmanı sağlık göstergelerini otomatik olarak tespit edebilmektedir. Google DeepMind ve çeşitli akademik kuruluşların geliştirdiği modeller, kolorektal kanser tespitinde %94-98 arasında hassasiyet değerlerine ulaşırken gözden kaçırma oranını belirgin biçimde azaltmaktadır.

Bu teknolojinin veteriner patoloji alanına entegrasyonu, hayvan modellerinden elde edilen histolojik verilerin sistematik biçimde işlenerek insan kök hücre biyolojisine aktarılmasına olanak tanıyacak; böylece çeviri araştırmaları (translasyonel çalışmalar) için değerli bir köprü görevi görecektir.

4.3. Doğal Dil İşleme ile Literatür Madenciliği

Mikrobiyota, kök hücre biyolojisi ve beslenme alanlarındaki bilimsel literatür, mevcut uzman kapasitesinin çok ötesine geçmiş olup üstel bir büyüme sergilemektedir. NLP tabanlı sistemler PubMed GPT, BioGPT ve Elsevier'in yapay zeka araçları gibi araştırmacıların binlerce makaleyi hızla tarayarak gen-diyet-hastalık ağlarını haritalamasına ve yeni hipotezler oluşturmasına imkan tanımaktadır. Bu durum, özellikle çok disiplinli araştırma alanlarında bilimsel bilginin sentezlenmesinde devrimsel bir etkinlik artışı anlamına gelmektedir.

4.4. YZ Destekli Kişiselleştirilmiş Beslenme Modelleri

Weizmann Enstitüsü'nün öncü çalışması (Zeevi vd., 2015), bireyler arasında aynı gıdaya verilen postprandiyal glisemik yanıtların son derece değişken olduğunu ortaya koymuştur. Bu farklılık, mikrobiyom kompozisyonundan kaynaklanmaktadır ve YZ modelleri aracılığıyla güvenilir biçimde tahmin edilebilmektedir. Bu bulgular, 'herkese uyan tek bir diyet' anlayışını temelden sorgulamakta ve kişiye özel beslenme çözümlerine duyulan ihtiyacı güçlü kanıtlarla desteklemektedir.

Kişiselleştirilmiş beslenme algoritmalarının (DayTwo, ZOE gibi platformlar) BKH homeostazisini aktif bir hedef olarak içselleştirecek şekilde geliştirilmesi, bilim alanındaki bir sonraki kritik evrimi temsil etmektedir. Bu gelişme, mikrobiyom kök hücre ekseninin kişisel beslenme tavsiyelerine doğrudan yansıtılmasını mümkün kılacak ve önleyici tıp alanında yeni ufuklar açacaktır.

5. HASTALIK MODELLERİ ÜZERİNDEN KLİNİK UYGULAMALAR

5.1. İnflamatuvar Bağırsak Hastalığı (İBH)

İBH (Crohn hastalığı ve ülseratif kolit), disbiyozu, bozulmuş BKH nişi homeostazisini ve epitelyal bariyerin hasarlanmasını kapsayan kısır döngüsel bir sürecin ürünüdür. YZ tabanlı multi omik analizler; İBH riskini artıran spesifik mikrobiyom örüntülerini, gen ifadesi değişikliklerini ve diyet tetikleyicilerini hassas biçimde tanımlamaya başlamıştır.

Remisyon döneminde hastalara yönelik YZ ile optimize edilmiş antiinflamatuvar beslenme programları (yüksek bütirat üreten diyet, spesifik karbonhidrat diyeti modifikasyonları) umut verici klinik sonuçlar ortaya koymaktadır. Bütirat restorasyon protokolleri prebiyotik posa takviyesi aracılığıyla bağırsak kök hücre nişi koruyucu etkilerini histolojik düzeyde göstermektedir.

5.2. Kolorektal Kanser

Kolorektal kanser, dünya genelinde üçüncü en yaygın kanser türü olup kısmen mikrobiyom disfonksiyonu ve BKH nişi bozulması ile ilişkilidir. *Fusobacterium nucleatum*'un hastalığın yüksek riski ve kötü prognozla ilişkilendirildiği gösterilmiştir. YZ modelleri, dışkıya dayalı mikrobiyom analizlerinden kolorektal kanseri saptamada kolonoskopiye tamamlayıcı ve yüksek doğrulukta bir tarama yöntemi olarak uygulanabilir hale gelmiştir.

Beslenme onkolojisi perspektifinden bakıldığında, YZ sistemleri kolorektal kanser hastalarına yönelik kişiselleştirilmiş diyet planları oluşturarak hem kanser önleyici (kemoprofilaksi) hem de destekleyici bakım rolü üstlenebilmektedir. Bu modeller, hastanın mikrobiyom profili, genetik verileri ve tedavi protokolü gibi birden fazla değişkeni eş anlı olarak işleyerek daha etkin beslenme müdahaleleri tasarlamaktadır.

5.3. Metabolik Sendrom ve Obezite

Gut ve beyin eksenini aracılığıyla metabolik sendrom ve obezitenin mikrobiyota ile kuvvetli bir ilişkisi bulunmaktadır. Obezitede gözlemlenen Firmicutes/Bacteroidetes oranındaki artış, BKH farklılaşmasını ve enerji metabolizmasını olumsuz yönde etkilemektedir. YZ destekli kişiselleştirilmiş diyet müdahaleleri; kilo yönetimi, metabolik parametrelerin iyileştirilmesi ve uzun vadeli sağlık çıktılarının optimize edilmesinde standart herkese uyan tek diyet modellerini geride bırakan sonuçlar üretmektedir.

6. MEVCUT SINIRLILIKLAR VE GELECEK PERSPEKTİFİ

6.1. Teknik ve Metodolojik Sınırlılıklar

Bu alanın klinik uygulamaya tam anlamıyla geçişini engelleyen pek çok önemli engel bulunmaktadır. Her şeyden önce, mikrobiyom araştırmalarındaki metodolojik heterojenlik örnekleme protokolleri, dizileme platformları ve biyoinformatik boru hatlarındaki çeşitlilik çalışmalar arasında karşılaştırma yapılmasını güçleştirmektedir. Öte yandan YZ modellerinin kısmi kara kutu yapısı, klinik güven ve yorumlanabilirlik açısından ciddi soru işaretleri doğurmaktadır. Bunlara ek olarak, çoğu mevcut çalışmanın gözlemsel nitelik taşıması,

mikrobiyal değişkenler ile BKH fonksiyonu arasındaki nedensellik ilişkilerinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

6.2. Gelecek Araştırma Yönelimleri

Kişiselleştirilmiş mikrobiyom-kök hücre-beslenme ekseninin kliniğe kazandırılması için çok merkezli, iyi tasarlanmış randomize kontrollü deneylere acil ihtiyaç duyulmaktadır. Organoid ve bağırsak on-a-chip sistemleri, diyet ve mikrobiyota-BKH etkileşimlerinin kontrollü ortamda modellenmesi için güçlü deneysel platformlar sunmaktadır. Uzun vadede ise mikrobiyom, metabolomik, epigenomik ve beslenme verilerini bütüncül biçimde entegre eden hassas beslenme algoritmalarının geliştirilmesi öncelikli hedef olmaya devam etmektedir.

One Health çerçevesinde veteriner ve insan araştırmacılarının veri paylaşımı ve işbirliği modelleri ise hem bilimsel çıktılarını artırma hem de translasyonel araştırmaları hızlandırma açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Bunun yanı sıra, yapay zeka aracıyla üretilen bulguların hem etik hem de yasal açıdan sorumlu biçimde klinik uygulamaya aktarılmasını güvence altına alacak düzenleyici çerçevelerin oluşturulması da gelecekteki öncelikli gündem maddelerinin başı arasında yer almaktadır.

7. SONUÇ

Bağırsak mikrobiyotası, kök hücre nişi ve beslenme arasındaki ilişkiler, sağlık bilimlerinde bir paradigma değişiminin kapılarını aralamaktadır. Yapay zekanın bu üç kritik sistem arasındaki karmaşık ve çok katmanlı etkileşimleri çözümleyebilme kapasitesi; kişiselleştirilmiş beslenme, erken hastalık tespiti ve kök hücre destekli rejeneratif tedavilerin optimizasyonu alanlarında dev adımlar atılmasına zemin hazırlamaktadır.

One Health perspektifinin bu bütüncül çerçeveye eklenmesi, veteriner ve insan araştırmacıları arasındaki disiplinlerarası işbirliğini güçlendirirken klinik bulguların daha kapsamlı bir zemine dayandırılmasına olanak tanımaktadır. Önümüzdeki dönemde bu alana yönelecek titiz ve çok merkezli çalışmalar, YZ destekli mikrobiyom-kök hücre-beslenme ekseninin terapötik potansiyelini tam anlamıyla gerçeğe dönüştürme yolunda belirleyici bir rol üstlenecektir.

Bu derleme, söz konusu alanlardaki mevcut literatürü sistematik biçimde birleştirirken gelecekteki deneysel ve klinik araştırmalar için somut bir yol haritası sunmayı amaçlamaktadır. YZ çağında sağlık bilimlerinin bu üç güçlü bileşeninin mikrobiyota, kök hücreler ve beslenme entegrasyonu, hem bireysel hem de toplumsal sağlık açısından dönüştürücü sonuçlar vadeden heyecan verici bir araştırma gündemi oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., ... & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature medicine*, 25(1), 24-29.
- Gehart, H., & Clevers, H. (2019). Tales from the crypt: new insights into intestinal stem cells. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 16(1), 19-34.
- Hernández Medina, R., Kutuzova, S., Nielsen, K. N., Johansen, J., Hansen, L. H., Nielsen, M., & Rasmussen, S. (2022). Machine learning and deep learning applications in microbiome research. *ISME communications*, 2(1), 98.
- Kaiko, G. E., Ryu, S. H., Koues, O. I., Collins, P. L., Solnica-Krezel, L., Pearce, E. J., ... & Stappenbeck, T. S. (2016). The colonic crypt protects stem cells from microbiota-derived metabolites. *Cell*, 165(7), 1708-1720.

- Morze, J., Danielewicz, A., Przybyłowicz, K., Zeng, H., Hoffmann, G., & Schwingshackl, L. (2021). An updated systematic review and meta-analysis on adherence to mediterranean diet and risk of cancer. *European journal of nutrition*, 60(3), 1561-1586.
- Panel, O. H. H. L. E. (2023). One Health action for health security and equity. *Lancet (London, England)*, 401(10376), 530.
- Plovier, H., Everard, A., Druart, C., Depommier, C., Van Hul, M., Geurts, L., ... & Cani, P. D. (2017). A purified membrane protein from *Akkermansia muciniphila* or the pasteurized bacterium improves metabolism in obese and diabetic mice. *Nature medicine*, 23(1), 107-113.
- Sonnenburg, J. L., & Bäckhed, F. (2016). Diet–microbiota interactions as moderators of human metabolism. *Nature*, 535(7610), 56-64.
- Thaiss, C. A., Zmora, N., Levy, M., & Elinav, E. (2016). The microbiome and innate immunity. *Nature*, 535(7610), 65-74.
- Viennois, E., Merlin, D., Gewirtz, A. T., & Chassaing, B. (2017). Dietary emulsifier–induced low-grade inflammation promotes colon carcinogenesis. *Cancer research*, 77(1), 27-40.
- Zeevi, D., Korem, T., Zmora, N., Israeli, D., Rothschild, D., Weinberger, A., ... & Segal, E. (2015). Personalized nutrition by prediction of glycemic responses. *Cell*, 163(5), 1079-1094.

ERP SİSTEMLERİNDE STOK YÖNETİMİ SÜREÇLERİNİN ETKİNLİĞİNİN ANALİZİ: ERP'NİN STOK DOĞRULUĞU, DEVİR HIZI VE ENVANTER OPTİMİZASYONUNA ETKİSİ

Canberk Şadi ŞEN

*Altınbaş Üniversitesi
canberksen1999@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1772-3702*

Dr. Öğr. Üyesi İncilay YILDIZ

*Altınbaş Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü
incilay.yildiz@altinbas.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5572-5058*

ÖZET

Bu çalışmada ERP sistemlerinde stok yönetimi süreçlerinin etkinliği incelenmiş ve ERP yazılımının stok doğruluğu, stok devir hızı ile envanter optimizasyonu üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında ERP sisteminden elde edilen stok hareket verileri kullanılarak nicel yöntemle uygulamalı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde stok devir süresi hesaplanmış, yıllara göre değişimler değerlendirilmiş ve stoklar hareket hızlarına göre sınıflandırılmıştır. Elde edilen bulgular, yavaş hareket eden stok oranının arttığını, ortalama stok devir süresinin uzadığını ve stok devir hızının azaldığını göstermektedir. Toplam stokların %27,18'inin atıl stoklardan oluştuğu, stok doğruluğu oranının ise %72,8 düzeyinde kaldığı belirlenmiştir. Stok yaşlandırma analizine göre stokların %38'i yavaş ve atıl stok grubunda yer almaktadır. Talep oynaklığı için hesaplanan varyasyon katsayısının 0,46 olması talep yapısının orta düzeyde dalgalı olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda güvenlik stok düzeyi 23 adet, yeniden sipariş noktası 53 adet ve ekonomik sipariş miktarı 59 adet olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, stokların depoda kalma süresinin arttığını ve ERP tabanlı stok planlama parametrelerinin etkinliğinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Envanter optimizasyonu, ERTTP Sistemi, Stok Yönetimi.

ABSTRACT

This study examines the effectiveness of inventory management processes in ERP systems and analyzes the effects of ERP software on inventory accuracy, inventory turnover rate, and inventory optimization. A quantitative case study was conducted using inventory movement data obtained from the ERP system. During the analysis, inventory turnover time was calculated, changes over the years were evaluated, and inventories were classified according to their movement speed. The findings show an increase in the proportion of slow-moving inventory, a lengthening of the average inventory turnover time, and a decrease in inventory turnover rate. It was determined that 27.18% of total inventory consisted of idle inventory, while the inventory accuracy rate remained at 72.8%. According to the inventory aging analysis, 38% of the inventory falls into the slow-moving and idle inventory group. The coefficient of variation calculated for demand volatility was 0.46, indicating a moderately volatile demand structure. Accordingly, the safety stock level was calculated as 23 units, the reorder point as 53 units, and the economic order quantity as 59 units. The results show that inventory retention time in the 152warehouse has increased and that the effectiveness of ERP-based inventory planning parameters needs to be improved.

Keywords: Inventory optimization, ERTTP system, stock management.

GİRİŞ

Küreselleşmenin hızlanması ve bilgi teknolojilerindeki gelişmeler işletmelerin rekabet koşullarını önemli ölçüde değiştirmiştir. Artan rekabet, genişleyen pazar yapısı ve yükselen müşteri beklentileri, işletmeleri maliyetleri düşürmeye, ürün çeşitliliğini artırmaya ve teslim süreçlerini daha güvenilir hale getirmeye yöneltmektedir (Arabacı ve ark., 2019). Bu doğrultuda üretim, tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin bütünleşik ve etkin biçimde yönetilmesi işletmeler açısından kritik hale gelmiştir. Bu ihtiyacın karşılanmasında Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) sistemleri, işletme kaynaklarının entegre biçimde yönetilmesine olanak sağlayan önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. ERP sistemleri, işletmelerin bilgiye hızlı ve düşük maliyetle erişmesini sağlayarak karar alma süreçlerini desteklemekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır (Keçek ve Yıldırım, 2009; Çağlıyan, 2012). Ayrıca lojistikten üretim planlamaya, muhasebeden stok yönetimine kadar birçok fonksiyonun tek bir platformda toplanması, süreçler arası koordinasyonu güçlendirmekte ve işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır.

Stok yönetimi ise işletmelerin maliyet kontrolü, hizmet düzeyi ve operasyonel verimlilik açısından stratejik öneme sahip temel süreçlerden biridir. Etkin stok yönetimi, doğru planlama ve kontrol mekanizmaları ile stok maliyetlerinin azaltılmasına ve kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır (Bilgin ve Esengün, 2014). Literatürde ERP sistemlerinin genel faydalarını inceleyen çalışmalar bulunmasına rağmen, belirli bir ERP yazılımının stok doğruluğu, stok devir hızı ve envanter optimizasyonu üzerindeki etkilerini uygulamaya dayalı olarak değerlendiren çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Akdoğan, 2006; Sevim ve Bülbül, 2016; Özel ve Türkel, 2018; Aladağ, 2020). Bu durum, ERP tabanlı stok yönetimi performansının gerçek işletme verileri üzerinden analiz edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada ERP sistemlerinde stok yönetimi süreçlerinin etkinliği incelenmiş ve ERP yazılımının stok doğruluğu, stok devir hızı ile envanter optimizasyonu üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan veriler Durko Çevre Enerji Tekniği ve Tic. A.Ş. işletmesinden elde edilen stok kayıtları ile sınırlıdır. Bu nedenle bulguların tüm sektörlere genellenmesi mümkün değildir. Çalışma yalnızca stok doğruluğu, stok devir hızı ve envanter optimizasyonu göstergeleri ile sınırlandırılmış olup ERP sisteminin diğer modülleri kapsam dışı bırakılmıştır. Veri gizliliği nedeniyle bazı finansal ve operasyonel bilgiler sınırlı düzeyde sunulmuştur. Analizlerde ERP sisteminden elde edilen stok hareket kayıtlarının doğru ve güncel olduğu, stok sayım süreçlerinin düzenli yürütüldüğü ve sistem kullanımının işletme genelinde tutarlı olduğu varsayılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışma nicel araştırma yöntemlerinden vaka analizi türündedir. Çalışmada betimsel ve nedensel çıkarımların yapılabilirdiği uygulamalı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırma verileri, ERP sistemi kullanan ve endüstriyel makine ile mühendislik hizmetleri alanında faaliyet gösteren bir işletmeden izin alınarak elde edilmiştir. Çalışmada birincil veriler (stok giriş-çıkış kayıtları, envanter raporları, devir hızı verileri ve sayım farkları) ile ikincil veriler (işletme içi stok politikası dokümanları) birlikte kullanılmıştır. Araştırmanın bağımlı değişkenleri stok doğruluğu, stok devir hızı ve envanter optimizasyonu; bağımsız değişkenleri ise veri giriş süreçleri, yetkilendirme mekanizmaları ve raporlama-analiz araçlarıdır. Veriler Microsoft Excel ortamında analiz edilmiş; stok doğruluğu, devir hızı ve envanter seviyelerine ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Analiz kapsamında stoklar devir hızlarına göre sınıflandırılmış, talep yapısı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı kullanılarak değerlendirilmiş ve XYZ sınıflandırması uygulanmıştır. Ayrıca doğrusal trend analizi ile talep eğilimleri incelenmiştir. Envanter yönetimi kapsamında güvenlik stok düzeyi, yeniden sipariş

noktası ve ekonomik sipariş miktarı (EOQ) hesaplanarak ERP tabanlı stok yönetimi süreçlerinin etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışmada matematiksel bir optimizasyon modeli kurulmamış, bunun yerine ERP sisteminin sağladığı performans göstergeleri üzerinden analiz gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Stok devir süresine göre yapılan sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, yavaş hareket eden stok oranının yıllar itibariyle önemli ölçüde arttığı görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Yıllara Göre Stok Sınıfları

Yıl	Stok Hızı	<i>f</i>	Yüzde (%)
2022	Normal	514	80,6
	Yavaş	124	19,4
	Toplam	638	100,0
2023	Normal	463	75,7
	Yavaş	149	24,3
	Toplam	612	100,0
2024	Normal	266	45,5
	Yavaş	318	54,5
	Toplam	584	100,0
2025	Normal	202	43,3
	Yavaş	264	56,7
	Toplam	466	100,0
2026,00	Normal	27	37,0
	Yavaş	46	63,0
	Total	73	100,0

2022 yılında %19,4 olan bu oran, 2024 yılı itibariyle %54,5'e yükselerek normal stok oranını aşmış ve 2026 yılında %63 seviyesine ulaşmıştır. Bu durum stok yapısında yapısal bir bozulmaya işaret etmektedir. Benzer şekilde ortalama stok devir süresi 2022'de 108,61 gün iken 2025 yılında 245,18 güne yükselmiş, 2026'da ise 235,30 gün olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2). Buna paralel olarak stok devir hızı 3,36'dan 1,55'e düşmüş ve stok yenilenme hızının azaldığı görülmüştür.

Tablo 2. Yıllara Göre Ortalama Devir Süresi ve Hızı

Stok Hızı	Ort. Devir Süresi	Devir Hızı
2022	108.61	3.36
2023	129.84	2.81
2024	229.23	1.59
2025	245.18	1.49
2026	235.30	1.55

Stok sınıflandırmasına ilişkin bulgular, toplam stokların %27,1'inin âtil stoklardan oluştuğunu ve stok doğruluğunun %72,8 düzeyinde kaldığını göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Stok Devir Süresine Göre Stok Sınıflandırması ve Doğruluğu

Stok	
Normal	1472

Âtıl	645
Yavaş	256
Toplam	2373
Âtıl Stok Oranı	0.271
Stok Doğruluğu	0.728

Stok tiplerine göre ortalama devir süreleri incelendiğinde normal stokların 70,48 gün, yavaş stokların 256,91 gün ve âtıl stokların 564,81 gün depoda kaldığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu bulgular, stoklar arasında belirgin performans farklılıkları olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Stok Tiplerine Göre Ortalama Stok Devir Süreleri

Stok Tipi	Ortalama Devir Süresi
Normal	70.48
Âtıl	564.81
Yavaş	256.91

Stok yaşlandırma analizine göre stokların %39,4'ü hızlı, %22,7'si normal, %27,2'si yavaş ve %10,8'i âtıl stoklardan oluşmaktadır (Tablo 5). Buna göre stokların yaklaşık %38'inin düşük devir hızına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Stok Bekleme Süresine Göre Stok Dağılımı

Stok Tipi	Ortalama Devir Süresi
Normal	70.48
Âtıl	564.81
Yavaş	256.91

Trend analizi sonuçları, stok devir süresinde en yüksek artışın %76,5 ile 2024 yılında gerçekleştiğini, 2026 yılında ise sınırlı bir iyileşme olduğunu göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Stok Bekleme Süresine Göre Stok Dağılımı

Yıl	Değişim
2023	0.195
2024	0.765
2025	0.069
2026	-0.040

Talep analizine ilişkin bulgular, ortalama aylık talebin 29,91 adet, varyasyon katsayısının 0,46 olduğunu ve talep yapısının orta-yüksek düzeyde dalgalı olduğunu göstermektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Aylara Göre Stok Çıkış Miktarları ve Talep Oynaklığı Göstergeleri

Ay	Toplam çıkış	Talep Oynaklığı
Ocak	40	29.91
Şubat	50	
Mart	28	Std. Sapma
Nisan	23	13.86
Mayıs	19	
Haziran	11	Varyasyon Katsayısı
Temmuz	30	0.46
Ağustos	50	
Eylül	16	Güvenlik Stok

Ekim	19	22,87
Kasım	43	
Aralık	24	

Eğilim analizinde talebin zayıf düzeyde azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda güvenlik stok düzeyi yaklaşık 23 adet, yeniden sipariş noktası 53 adet olarak hesaplanmıştır (Tablo 8). Ayrıca ekonomik sipariş miktarı 59,41 adet olarak bulunmuştur.

Tablo 8. Aylık Talep Serisi İçin Trend Analizi

Zaman	Toplam çıkış	R
1	40	-0,727
2	50	
3	28	ROP
4	23	52,77
5	19	
6	11	
7	30	
8	50	
9	16	
10	19	
11	43	
12	24	

Genel olarak bulgular, ERP tabanlı stok yönetiminde talep tahmini ve stok planlama parametrelerinin etkin kullanılmadığını ve envanter optimizasyonunun zayıfladığını ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada ERP sistemlerinde stok yönetimi süreçlerinin etkinliği, stok doğruluğu, stok devir hızı ve envanter optimizasyonu göstergeleri üzerinden değerlendirilmiştir. ERP sisteminden elde edilen stok hareket verileri kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, stokların devir süresine göre sınıflandırılması, stok yaşlandırma, talep oynaklığı ve trend analizleri ile envanter yönetimi performansı bütüncül olarak incelenmiştir. Ayrıca güvenlik stok düzeyi, yeniden sipariş noktası (ROP) ve ekonomik sipariş miktarı (EOQ) hesaplanarak stok planlama parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, işletmede yavaş ve âtil stok oranlarının arttığını, stok devir hızının düştüğünü ve envanter optimizasyonunun zayıfladığını göstermektedir.

Elde edilen bulgular, stok yönetimi performansının yıllar itibarıyla belirgin şekilde zayıfladığını göstermektedir. Yavaş hareket eden stok oranının 2022’de %19,4’ten 2026’da %63’e yükselmesi, stokların daha uzun süre elde tutulduğunu ve envanter çevrim etkinliğinin azaldığını ortaya koymaktadır. Literatürde düşük stok devir oranı ve uzun elde tutma süresi; fazla stok birikimi, sermayenin stokta bağlanması ve eskime riskinin artması ile ilişkilendirilmektedir (Pinçe ve Dekker, 2011; Hahn ve Leucht, 2015). Bu durum, ERP sisteminin varlığının tek başına yeterli olmadığını, sistem çıktılarının planlama parametrelerine doğru şekilde yansıtılması gerektiğini göstermektedir (Tarigan ve ark., 2021; Grobler-Dębska ve ark., 2022). Ortalama stok devir süresinin 108,61 günden 245,18 güne yükselmesi ve devir hızının 3,36’dan 1,49’a düşmesi, stok yenilenme performansındaki zayıflamayı açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgu, literatürde stok devir hızındaki düşüşün fazla stok oluşumu ve maliyet

artışı ile ilişkili olduğu yönündeki çalışmalarla uyumludur (Heizer ve ark., 2020; Waters, 2019). Özellikle 2024 yılında gözlenen keskin artış, stok planlama süreçlerinde bir kırılmaya işaret etmekte olup talep tahmin hataları veya ERP parametrelerinin güncellenmemesi ile açıklanabilir (Silver ve ark., 1998). Âtıl stok oranının %27,18 ve stok doğruluğunun %72,8 olarak belirlenmesi, envanter optimizasyonunun etkin şekilde sağlanmadığını göstermektedir. Literatürde yüksek âtıl stok oranı ve düşük stok doğruluğu, planlama hataları ve talep uyumsuzluğu ile ilişkilendirilmektedir (Wild, 2017; Arabacı ve ark., 2019). Bu durum, stok planlama süreçlerinin dinamik olarak yönetilmediğini ve ERP sisteminin karar destek potansiyelinin yeterince kullanılmadığını düşündürmektedir. Stok tiplerine göre devir sürelerindeki belirgin farklar (normal: ~70 gün; yavaş: ~256 gün; âtıl: ~564 gün), stok yapısının homojen olmadığını ve belirli ürün gruplarında planlama sorunlarının yoğunlaştığını göstermektedir. Benzer çalışmalar, yavaş hareket eden stokların zamanla âtıl stoklara dönüştüğünü ve bu durumun işletme sermayesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Molokoane ve ark., 2025). Talep analizine göre varyasyon katsayısının 0,46 olması, talebin orta-yüksek düzeyde dalgalı olduğunu ve stok planlama süreçlerinde belirsizlik bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, güvenlik stok düzeyinin (~23 adet) gerekli olduğunu ve planlama parametrelerinin dinamik şekilde güncellenmesi gerektiğini desteklemektedir (Muckstadt ve Sapra, 2010). Ayrıca talep eğiliminin zayıf da olsa azalma yönlü olması, sipariş politikalarının daha temkinli belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Makridakis ve ark., 2008). Yeniden sipariş noktası (~53 adet) ve ekonomik sipariş miktarı (~59,41 adet) bulguları birlikte değerlendirildiğinde, işletmede sipariş politikalarının teorik olarak optimize edilebilir olduğu, ancak uygulamada bu parametrelerin etkin kullanılmadığı anlaşılmaktadır. EOQ modeline ilişkin bulgular literatürdeki maliyet minimizasyon yaklaşımı ile uyumludur (Harris, 1990; Nahmias ve Olsen, 2015). Genel olarak sonuçlar, ERP altyapısının mevcut olmasına rağmen veri temelli karar mekanizmalarının etkin kullanılmadığını, talep tahmini ve stok planlama süreçlerinin güncellenmesi gerektiğini ve envanter optimizasyonunun zayıf kaldığını göstermektedir.

Bulgular doğrultusunda, ERP tabanlı stok yönetimi süreçlerinin etkinliğinin artırılabilmesi için planlama parametrelerinin dinamik bir yaklaşımla güncellenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda minimum-maksimum stok seviyelerinin talep oynaklığı dikkate alınarak düzenli olarak revize edilmesi, güvenlik stok düzeylerinin bilimsel yöntemlere dayalı olarak belirlenmesi ve gereksiz stok birikiminin önlenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca talep tahmin süreçlerinin geçmiş verilerle sürekli güncellenmesi ve veri temelli tahmin modellerinin kullanılması gerekmektedir. Stok devir hızının artırılabilmesi için düşük talep gören ürünlerde sipariş miktarlarının azaltılması ve sipariş periyotlarının yeniden düzenlenmesi önerilmektedir.

REFERANSLAR

Akdoğan, A. S. (2006). Kurumsal kaynak planlaması yazılım kuruluşlarında tedarik zinciri süreçlerini etkileyen problemlerin analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Aladağ, H. (2020). Türk inşaat sektöründe kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemlerinin kullanımı üzerine bir araştırma. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(4), 1099-1112.

Arabacı, S., Akdemir, Ç., Doğan, S., & Mengi, B. T. (2019). Stok yönetiminde ERP'nin hileyi önlemeye yönelik kullanılması ve bir uygulama. Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4(3), 444-458.

Arabacı, S., Akdemir, Ç., Doğan, S., & Mengi, B. T. (2019). Stok yönetiminde ERP'nin hileyi önlemeye yönelik kullanılması ve bir uygulama. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 444-458.

Bilgin, D., & Esengün, K. (2014). KOBİ'lerde Modern Stok Yönetim Modellerinin Uygulanabilirliği; Karaman İlinde Bir Uygulama. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2014(1), 56-63.

Çağlıyan, V. (2012). Kurumsal kaynak planlama yazılımı kullanımının işletme performansı üzerine etkisi: Örnek olay çalışması. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 159-178.

Grobler-Dębska, K., Kucharska, E., Żak, B., Baranowski, J., & Domagała, A. (2022). Implementation of demand forecasting module of ERP system in mass customization industry—Case studies. *Applied Sciences*, 12(21), 11102.

Hahn, G. J., & Leucht, A. (2015). Managing inventory systems of slow-moving items. *International Journal of Production Economics*, 170, 543-550.

Harris, F. W. (1990). How many parts to make at once. *Operations research*, 38(6), 947-950.

Heizer, J., Render, B., Munson, C. L., & Griffin, P. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management*. Pearson Education Limited.

Keçek, G., & Yıldırım, E. (2009). Kurumsal kaynak planlaması (ERP) ve işletme açısından önemi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(29), 240-258.

Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. John Wiley & Sons.

Molokoane, M. R., Makinde, O., Ramdass, K., Daniyan, I., & Phuluwa, H. S. (2025). Development of a Sustainable Inventory Management System for Maintenance Industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, 36(4), 194-210.

Muckstadt, J. A., & Sapro, A. (2010). *Principles of inventory management: When you are down to four, order more*. Springer Science & Business Media.

Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and operations analysis*. Waveland Press.

Özel, S., & Türkel, A. (2018). AHP yöntemi kullanarak ERP sistemlerinin karşılaştırılması ve uygun sistemin belirlenmesi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 305-317.

Pinçe, Ç., & Dekker, R. (2011). An inventory model for slow moving items subject to obsolescence. *European Journal of Operational Research*, 213(1), 83-95.

Sevim, A., & Bülbül, S. (2016). Kurumsal kaynak planlaması (Enterprise Resources Planning-ERP) sistemlerinin muhasebe bilgi sisteminin verimliliğine etkileri. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 3(6), 54-70.

Tarigan, Z. J. H., Siagian, H., & Jie, F. (2021). Impact of enhanced Enterprise Resource Planning (ERP) on firm performance through green supply chain management. *Sustainability*, 13(8), 4358.

Waters, D. (2019). *Supply chain management: An introduction to logistics*. Bloomsbury Publishing.

Wild, T. (2017). *Best practice in inventory management*. Routledge.

PAN-KANSER ANALİZLERİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN ORTAK GENETİK YOLAKLARIN TESPİTİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR DERLEMESİ

Emel ÇOLAK

Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Histoloji ve Embriyoloji ABD, Kayseri, Türkiye

colakk.emell@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4040-7855

ÖZET

Amaç: Bu sistematik derleme; glioblastoma multiforme (GBM), kolorektal kanser (KRK) ve meme kanseri (MK) başta olmak üzere farklı kanser türlerinde ortak genetik yolların tespitinde yapay zeka (YZ) yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: PubMed/MEDLINE, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında 2019-2025 yılları arasında yayımlanmış İngilizce makaleler taranmıştır. Taramada pan-kanser, makine öğrenmesi (MÖ), derin öğrenme (DÖ), ortak genetik yollar ve The Cancer Genome Atlas (TCGA) anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Birden fazla kanser tipini kapsayan, YZ/MÖ/DÖ yöntemlerinin uygulandığı orijinal araştırma ve derleme makaleleri çalışmaya dahil edilmiştir.

Bulgular: PI3K/AKT/mTOR, TP53, RTK-RAS/MAPK ve Wnt/ β -katenin yollarının GBM, KRK ve MK'de en sık değişime uğrayan ortak onkogenik mekanizmalar olduğu belirlenmiştir. Random Forest, Destek Vektör Makineleri (DVM), XGBoost ve sinir ağı tabanlı modeller bu yolları yüksek doğrulukla tahmin edebilmektedir. GBM özelinde radyomik özellikler ile MÖ modellerinin kombinasyonu, PI3K yolağı değişimlerini %80, TP53 mutasyonlarını %75 Eğri Altında Kalan Alan (AUC) değeriyle saptamıştır. Meme ve kolorektal kanserde derin öğrenme destekli histopatolojik analizler TP53, BRAF ve KRAS mutasyonlarını 0,66-0,73 Alıcı İşletim Karakteristiği Eğrisi Altındaki Alan (AUROC) değerleriyle belirlemiştir.

Sonuç: YZ destekli pan-kanser analizleri, ortak biyobelirteçlerin keşfi ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Veri heterojenitesi, dış doğrulama eksikliği ve yorumlanabilirlik güçlükleri başlıca sınırlılıklar olarak öne çıkmakta; çok-omik veri entegrasyonu ve açıklanabilir YZ (xAI) yaklaşımlarının yaygınlaştırılması klinik uygulanabilirliği güçlendirecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Pan-Kanser, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Genetik Yollar.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN PAN-CANCER ANALYSES FOR DETECTING COMMON GENETIC PATHWAYS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Emel ÇOLAK

Erciyes University, Institute of Health Sciences, Department of Veterinary Histology and Embryology

colakk.emell@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4040-7855

ABSTRACT

Aim: This systematic review aims to evaluate the effectiveness of artificial intelligence (AI) methods in identifying common genetic pathways across cancer types, with a focus on glioblastoma multiforme (GBM), colorectal cancer (CRC), and breast cancer (BC).

Method: PubMed/MEDLINE, Web of Science, and Scopus databases were searched for English-language articles published between 2019 and 2025. Keywords included pan-cancer, machine learning (ML), deep learning (DL), shared genetic pathways, and The Cancer Genome Atlas (TCGA). Original research and review articles covering multiple cancer types and applying AI/ML/DL methods were included.

Results: The PI3K/AKT/mTOR, TP53, RTK-RAS/MAPK, and Wnt/ β -catenin pathways were identified as the most frequently altered common oncogenic mechanisms in GBM, CRC, and BC. Random Forest, Support Vector Machines (SVM), XGBoost, and neural network-based models predicted these pathways with high accuracy. In GBM, combining radiomic features with ML models detected PI3K pathway alterations with 80% and TP53 mutations with 75% area under the curve (AUC). In breast and colorectal cancers, DL-based histopathological analyses identified TP53, BRAF, and KRAS mutations with AUROC values of 0.66–0.73.

Conclusion: AI-driven pan-cancer analyses hold significant potential for discovering shared biomarkers and developing personalized treatment strategies. Data heterogeneity, limited external validation, and interpretability challenges remain key limitations. Broader adoption of multi-omic data integration and explainable AI (xAI) approaches will enhance clinical translatability.

Keywords: Artificial Intelligence, Pan-Cancer, Machine Learning, Deep Learning, Genetic Pathways.

1. GİRİŞ

Kanser, dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olup farklı doku ve organlarda ortaya çıkan heterojen bir hastalıklar grubudur. Son yıllarda gerçekleştirilen genomik çalışmalar, farklı kanser türlerinin yüzeysel farklılıklarına karşın ortak moleküler mekanizmalar paylaştığını ortaya koymaktadır. Bu ortak mekanizmaların anlaşılması, kanserin erken teşhisi, sınıflandırılması ve kişiselleştirilmiş tedavilerin geliştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

Pan-kanser analizleri, birden fazla kanser türünü aynı anda inceleyen ve kanserler arasındaki moleküler benzerlikleri ortaya çıkaran geniş kapsamlı genomik çalışmalardır. The Cancer Genome Atlas (TCGA) gibi büyük ölçekli veri tabanlarının oluşturulması, bu analizlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır (Hoadley vd., 2018). Pan-kanser yaklaşımı sayesinde PI3K/AKT/mTOR, TP53, RTK-RAS/MAPK ve Wnt/ β -catenin gibi temel onkojenik yolların birden fazla kanser tipinde aktive olduğu belirlenmiştir (Sanchez-Vega vd., 2018).

Yapay zeka (YZ) ve makine öğrenmesi (MÖ) yöntemleri, büyük ölçekli genomik ve klinik verilerin analizinde giderek artan bir öneme sahip olmaktadır. Bu yöntemler; desen tanıma,

biyobelirteç keşfi, prognoz tahmini ve tedavi yanıtının öngörülmesi gibi alanlarda geleneksel istatistiksel yaklaşımlara göre üstün performans sergilemektedir (Bhinder vd., 2021). Özellikle derin öğrenme (DÖ) modelleri, histopatolojik görüntülerin ve çok-omik verilerin analizinde çığır açan sonuçlar sunmaktadır (Kather vd., 2020).

Bu sistematik derleme; GBM, KRK ve MK başta olmak üzere farklı kanser türlerinde ortak genetik yolların tespitinde YZ yöntemlerinin etkinliğini sistematik biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda mevcut literatürde kullanılan YZ algoritmaları, uygulanan yöntemler ve elde edilen başarı metrikleri incelenmiş; sınırlılıklar ve gelecekteki araştırma yönelimleri tartışılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Literatür Tarama Stratejisi

Bu çalışma, sistematik derleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. PubMed/MEDLINE, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında 2019-2025 yılları arasında yayımlanmış İngilizce makaleler kapsamlı biçimde taranmıştır. Taramada kullanılan anahtar kelimeler şunlardır: "pan-cancer", "machine learning", "deep learning", "shared genetic pathways", "The Cancer Genome Atlas (TCGA)", "glioblastoma multiforme", "colorectal cancer", "breast cancer", "artificial intelligence" ve bu kavramların kombinasyonları.

2.2. Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri

Çalışmaya dahil etme kriterleri şu şekilde belirlenmiştir: (1) Birden fazla kanser tipini kapsayan çalışmalar, (2) YZ, MÖ veya DÖ yöntemlerinin uygulandığı orijinal araştırma ve sistematik derleme makaleleri, (3) Genetik yolak analizi veya biyobelirteç tespitine odaklanan çalışmalar, (4) İngilizce yayımlanmış makaleler. Tek bir kanser türüne odaklanan çalışmalar, yalnızca klinik müdahale verilerini içeren çalışmalar ve vaka raporları dışlama kriterlerine dahil edilmiştir.

2.3. Veri Çıkarımı ve Kalite Değerlendirmesi

Dahil etme kriterlerini karşılayan makalelerden şu bilgiler sistematik olarak çıkarılmıştır: yazar bilgileri, yayın yılı, kullanılan YZ yöntemi, analiz edilen kanser türleri, incelenen genetik yollar, kullanılan veri tabanı ve başarı metrikleri (AUC, AUROC, doğruluk, duyarlılık, özgüllük). İki bağımsız araştırmacı tarafından gerçekleştirilen değerlendirmede anlaşmazlık durumunda uzlaşma yöntemiyle sonuca varılmıştır. Çalışmaların metodolojik kalitesi PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) kılavuzu esas alınarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Seçimi ve Genel Özellikler

Yapılan literatür taraması sonucunda başlangıçta 1.243 makale tespit edilmiş; başlık ve özet taramasının ardından 312 makale tam metin değerlendirmesine alınmıştır. Dahil etme ve dışlama kriterlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda 47 çalışma analize dahil edilmiştir. Dahil edilen çalışmaların 31'i (%66) orijinal araştırma, 16'sı (%34) sistematik derleme veya meta-analiz niteliğindedir. Çalışmalar 2019-2025 yılları arasında yayımlanmış olup en fazla yayın 2022 (%28,3) ve 2023 (%24,5) yıllarına aittir.

3.2. Ortak Onkojenik Yolaklar

İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda PI3K/AKT/mTOR, TP53, RTK-RAS/MAPK ve Wnt/ β -katenin yolakları, GBM, KRK ve MK'de en sık değişime uğrayan ortak onkojenik mekanizmalar olarak belirlenmiştir (Sanchez-Vega vd., 2018; Bailey vd., 2018). PI3K/AKT/mTOR yolağı, üç kanser türünde de yüksek sıklıkta aktivasyon gösteren en önemli onkojenik mekanizma olarak öne çıkmaktadır. Bu yolaktaki PIK3CA amplifikasyonları ve PTEN kayıpları; meme kanserinin %30-40'ında, kolorektal kanserin %15-20'sinde ve GBM'nin %35-45'inde saptanmaktadır (Fruman vd., 2017). TP53 tümör baskılayıcı gen mutasyonları ise GBM'nin %27'sinde, KRK'nin %43'ünde ve meme kanserinin %28'inde görülmektedir (Kandoth vd., 2013).

Tablo 3.1. Üç Kanser Türünde En Sık Değişime Uğrayan Ortak Genetik Yolaklar ve Değişim Sıklıkları

Genetik Yolak	GBM (%)	KRK (%)	Meme Kanseri (%)
PI3K/AKT/mTOR	35-45	15-20	30-40
TP53	27	43	28
RTK-RAS/MAPK	30-40	35-45	20-30
Wnt/ β -katenin	10-15	40-50	15-20

Kaynak: Sanchez-Vega vd. (2018); Bailey vd. (2018); Kandoth vd. (2013) verilerinden derlenmiştir.

3.3. Yapay Zeka Yöntemleri ve Performans Metrikleri

İncelenen çalışmalarda en sık kullanılan YZ yöntemleri sırasıyla Random Forest (%35,2), Destek Vektör Makineleri/DVM (%23,8), XGBoost (%19,1) ve Evrişimli Sinir Ağları/ESA (%14,3) olmuştur. Diğer yöntemler (LSTM, Graph Neural Networks) ise %7,6 oranında kullanılmıştır.

GBM özelinde radyomik özellikler ile MÖ modellerinin kombinasyonu, PI3K yolağı değişimlerini %80 AUC değeriyle, TP53 mutasyonlarını ise %75 AUC değeriyle saptayabilmiştir (Kickingereder vd., 2019). Meme ve kolorektal kanserde derin öğrenme destekli histopatolojik analizler, TP53, BRAF ve KRAS mutasyonlarını 0,66-0,73 AUROC değerleriyle tespit etmiştir (Kather vd., 2020). TCGA veri tabanından elde edilen 33 kanser türünü kapsayan çok-omik entegrasyon çalışmalarında gen ekspresyon, DNA metilasyon ve kopya sayısı varyasyonu verilerinin birleştirilmesiyle oluşturulan modeller %85'i aşan doğruluk oranlarına ulaşmıştır (Cheerla ve Gevaert, 2019).

Tablo 3.2. Çalışmalarda Kullanılan Yapay Zeka Yöntemleri ve Elde Edilen Performans Metrikleri

YZ Yöntemi	Kullanım Oranı (%)	Ortalama AUC/AUROC	Uygulama Alanı
Random Forest	35,2	0,81	Yolak aktivasyon tahmini
Destek Vektör Makineleri	23,8	0,78	Mutasyon sınıflandırması
XGBoost	19,1	0,83	Biyobelirteç keşfi
Evrişimli Sinir Ağları	14,3	0,79	Histopatolojik analiz
Diğer (LSTM, GNN)	7,6	0,76	Çok-omik entegrasyon

Kaynak: Dahil edilen 47 çalışmadan derlenen verilerden oluşturulmuştur.

3.4. Veri Tabanları ve Kullanılan Omik Platformlar

Dahil edilen çalışmaların %78'i TCGA veri tabanını birincil veri kaynağı olarak kullanmıştır. Bunu International Cancer Genome Consortium (%34), Gene Expression Omnibus (%29) ve Clinical Proteomic Tumor Analysis Consortium (%18) izlemektedir. Kullanılan omik veri

türleri arasında RNA-seq (%89), somatik mutasyon (%82), DNA metilasyon (%67) ve kopya sayısı varyasyonu (%71) öne çıkmaktadır.

4. TARTIŞMA

Bu sistematik derleme, YZ yöntemlerinin pan-kanser analizlerinde ortak genetik yolların tespitinde etkili araçlar olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle çok-omik veri entegrasyonu ile derin öğrenme modellerinin kombinasyonu, tek başına genomik analiz yaklaşımlarına kıyasla daha yüksek tanısal doğruluk sağlamaktadır (Huang vd., 2020). Elde edilen bulgular, YZ destekli pan-kanser analizlerinin kişiselleştirilmiş onkoloji alanındaki dönüştürücü potansiyelini güçlü biçimde desteklemektedir.

Ancak bu alandaki çalışmalar çeşitli metodolojik sınırlılıklar barındırmaktadır. Her şeyden önce veri heterojenitesi önemli bir sorun oluşturmaktadır; farklı kohortlardan elde edilen verilerin teknik ve biyolojik varyabilite içermesi, modellerin genel uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Dış doğrulama eksikliği de bu alandaki kritik sorunlardan biridir; incelenen çalışmaların %64'ü modellerini yalnızca iç çapraz doğrulama yöntemiyle değerlendirmiş, bağımsız kohortlarda test etmemiştir (Bhinder vd., 2021). Bu durum, bildirilen performans metriklerinin gerçek klinik ortamdaki uygulanabilirliği konusunda ciddi soru işaretleri doğurmaktadır.

YZ modellerinin yorumlanabilirliği (explainability) klinik uygulamaya geçiş açısından büyük önem taşımaktadır. "Kara kutu" olarak nitelendirilen derin öğrenme modellerinin karar mekanizmalarının şeffaf hale getirilmesi, klinisyenlerin güvenini kazanmak için zorunludur (Rudin, 2019). Bu bağlamda SHAP (SHapley Additive exPlanations) ve LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) gibi açıklanabilir YZ araçlarının kullanımı giderek artmakta; söz konusu yaklaşımlar, model tahminlerinin biyolojik açıdan anlamlı şekilde yorumlanmasına olanak tanımaktadır.

Çok-omik veri entegrasyonu, tek bir omik platformun sunduğu bilginin ötesine geçerek hastalığın moleküler portresini daha bütüncül biçimde ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bu yaklaşım, veri ön işleme, boyut indirgeme ve modelleme aşamalarında ciddi hesaplama yükü getirmektedir. Federe öğrenme (federated learning) gibi yenilikçi yaklaşımlar, hasta mahremiyetini koruyarak çok merkezli büyük ölçekli analizlerin yapılmasına olanak tanıyarak bu sorunu kısmen çözebilecektir (Rieke vd., 2020).

5. SONUÇ

YZ destekli pan-kanser analizleri, farklı kanser türlerindeki ortak genetik yolların belirlenmesinde, ortak biyobelirteçlerin keşfinde ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu derleme kapsamında incelenen çalışmalar; Random Forest, DVM, XGBoost ve derin öğrenme modellerinin PI3K/AKT/mTOR, TP53, RTK-RAS/MAPK ve Wnt/ β -katenin yolak değişikliklerini yüksek doğrulukla saptayabildiğini ortaya koymaktadır.

Klinik uygulamaya geçişi hızlandırmak için veri standartlaşması, çok merkezli dış doğrulama çalışmaları, açıklanabilir YZ yaklaşımlarının yaygınlaştırılması ve çok-omik veri entegrasyon platformlarının geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Gelecekteki araştırmalarda tek hücreli RNA dizileme verilerinin ve mekânsal transkriptomik yaklaşımların YZ modelleriyle entegrasyonu, tümör içi heterojenite ile tümör mikroçevresinin ortak genetik yollar üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca gerçek dünya klinik verileriyle

eğitilen modellerin geliştirilmesi, YZ destekli pan-kanser araştırmalarının klinisyenlerin günlük pratiğine entegrasyonunu kolaylaştıracaktır.

KAYNAKÇA

- Bailey, M. H., Tokheim, C., Porta-Pardo, E., Sengupta, S., Bertrand, D., Weerasinghe, A., ... & Schein, J. E. (2018). Comprehensive characterization of cancer driver genes and mutations. *Cell*, 173(2), 371-385.
- Bhinder, B., Gilvary, C., Madhukar, N. S., & Elemento, O. (2021). Artificial intelligence in cancer research and precision medicine. *Cancer discovery*, 11(4), 900-915.
- Cheerla, A., & Gevaert, O. (2019). Deep learning with multimodal representation for pancancer prognosis prediction. *Bioinformatics*, 35(14), i446-i454.
- Fruman, D. A., Chiu, H., Hopkins, B. D., Bagrodia, S., Cantley, L. C., & Abraham, R. T. (2017). The PI3K pathway in human disease. *Cell*, 170(4), 605-635.
- Hoadley, K. A., Yau, C., Hinoue, T., Wolf, D. M., Lazar, A. J., Drill, E., ... & Cope, L. (2018). Cell-of-origin patterns dominate the molecular classification of 10,000 tumors from 33 types of cancer. *Cell*, 173(2), 291-304.
- Huang, Z., Johnson, T. S., Han, Z., Helm, B., Cao, S., Zhang, C., ... & Huang, K. (2020). Deep learning-based cancer survival prognosis from RNA-seq data: approaches and evaluations. *BMC medical genomics*, 13(Suppl 5), 41.
- Kandoth, C., McLellan, M. D., Vandin, F., Ye, K., Niu, B., Lu, C., ... & Ding, L. (2013). Mutational landscape and significance across 12 major cancer types. *Nature*, 502(7471), 333-339.
- Kather, J. N., Krisam, J., Charoentong, P., Luedde, T., Herpel, E., Weis, C. A., ... & Halama, N. (2019). Predicting survival from colorectal cancer histology slides using deep learning: A retrospective multicenter study. *PLoS medicine*, 16(1), e1002730.
- Kickingereder, P., Isensee, F., Tursunova, I., Petersen, J., Neuberger, U., Bonekamp, D., ... & Maier-Hein, K. H. (2019). Automated quantitative tumour response assessment of MRI in neuro-oncology with artificial neural networks: a multicentre, retrospective study. *The Lancet Oncology*, 20(5), 728-740.
- Rieke, N., Hancox, J., Li, W., Milletari, F., Roth, H. R., Albarqouni, S., ... & Cardoso, M. J. (2020). The future of digital health with federated learning. *NPJ digital medicine*, 3(1), 119.
- Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature machine intelligence*, 1(5), 206-215.
- Sanchez-Vega, F., Mina, M., Armenia, J., Chatila, W. K., Luna, A., La, K. C., ... & Marra, M. A. (2018). Oncogenic signaling pathways in the cancer genome atlas. *Cell*, 173(2), 321-337.

NAFLD'DE BESİN SİNYAL TAŞIYICILARI OLARAK BİTKİ KÖKENLİ HÜCRESEL DIŞ VESİKÜLLER: TEK SAĞLIK VE YAPAY ZEKA ENTEGRE BİR BAKIŞ AÇISI

Emel ÇOLAK

Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Histoloji ve Embriyoloji ABD, Kayseri, Türkiye
colakk.emell@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4040-7855

Ahsen ERGİNSOY

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik ABD, Kayseri, Türkiye
aergnsy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4025-1328

ÖZET

Non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD), hepatik lipid birikim, mitokondriyal disfonksiyon ve kronik düşük dereceli enflamasyon ile karakterize, küresel ölçekte hızla artan bir metabolik hastalıktır. Diyet müdahaleleri ve biyoaktif bileşiklere yönelik yoğun araştırmalara karşın bu yaklaşımların klinik çevirisi; düşük biyoyararlanım ve yetersiz doku hedefleme nedeniyle kısıtlı kalmaktadır. Son gelişmeler, bitki kökenli ekstraselüler veziküllerin (Plant-Derived Extracellular Vesicles, PDEV) gelişmiş stabilite ve hücresel alım kapasitesi ile biyoaktif bein maddeleri taşıyabilen umut verici nanoölçekli taşıyıcılar olduğunu ortaya koymaktadır. PDEV'ler intrinsik biyoyumculuk sergileyerek bilinen anti-enflamatuar ve antioksidan özelliklere sahip bir flavonoid olan fisetin başta olmak üzere fonksiyonel kargoları taşıyabilmektedir. Mevcut kanıtlar, PDEV aracılığıyla yapılan iletim sistemlerinin NAFLD patogenezinde rol oynayan temel yolları (SREBP-1c, PPAR- α , TNF- α , IL-6) düzenlerken mitokondriyal bütünlüğü de koruduğunu göstermektedir. One Health perspektifinden değerlendirildiğinde, NAFLD; insanlar ve hayvanlar arasında — özellikle obeziteyle ilişkili hepatik steatoz modellerinde — korunmuş metabolik mekanizmalar paylaşmaktadır. Bu derleme; besin kökenli veziküler sinyal iletimini, nanotaşıyıcı sistemleri ve türler arası metabolik düzenlemeleri bağlayan çok ölçekli bir çerçeve önermekte; PDEV izolasyon protokollerinin standardizasyonu, hedefli iletim etkinliği ile insan ve hayvan doku modellerinde karşılaştırmalı doğrulamaya ilişkin kritik araştırma boşluklarını belirlemektedir. Bu entegratif yaklaşım; diyetetik, kök hücre biyolojisi, veteriner histoloji ve yapay zeka destekli tanısal araçları birleştirerek metabolik karaciğer hastalıklarında hassas beslenme stratejileri için yeni ufuklar açabilir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Bitki Kökenli Ekstraselüler Veziküller, NAFLD, Fisetin, One Health, Hassas Beslenme, Nanotaşıyıcı, Hepatik Steatoz.

PLANT-DERIVED EXTRACELLULAR VESICLES AS NUTRIENT SIGNAL CARRIERS IN NAFLD: A ONE HEALTH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-INTEGRATED PERSPECTIVE

Emel ÇOLAK

*Erciyes University, Institute of Health Sciences, Department of Veterinary Histology and Embryology
colakk.emell@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4040-7855*

Ahsen ERGİNSOY

*Nuh Naci Yazgan University, Department of Nutrition and Dietetics
aergnsy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4025-1328*

ABSTRACT

Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is a metabolic disorder characterised by hepatic lipid accumulation, mitochondrial dysfunction and chronic low-grade inflammation, and is rapidly increasing on a global scale. Despite intensive research into dietary interventions and bioactive compounds, the clinical translation of these approaches remains limited due to low bioavailability and inadequate tissue targeting. Recent developments have revealed that plant-derived extracellular vesicles (PDEVs) are promising nanoscale carriers capable of delivering bioactive compounds, owing to their enhanced stability and cellular uptake capacity. PDEVs exhibit intrinsic biocompatibility and are capable of carrying functional cargoes, notably fisetin, a flavonoid known for its anti-inflammatory and antioxidant properties. Current evidence suggests that delivery systems utilising PDEVs regulate key pathways involved in NAFLD pathogenesis (SREBP-1c, PPAR- α , TNF- α , IL-6) whilst also preserving mitochondrial integrity. When evaluated from a One Health perspective, NAFLD shares conserved metabolic mechanisms between humans and animals — particularly in models of obesity-associated hepatic steatosis. This review proposes a multi-scale framework linking nutrient-derived vesicular signalling, nanocarrier systems and cross-species metabolic regulation; it identifies critical research gaps regarding the standardisation of PDEV isolation protocols and comparative validation of targeted delivery efficacy in human and animal tissue models. This integrative approach, by combining dietetics, stem cell biology, veterinary histology and AI-supported diagnostic tools, may open new horizons for precision nutrition strategies in metabolic liver diseases.

Keywords: Artificial Intelligence, Plant-Derived Extracellular Vesicles, NAFLD, Fisetin, One Health, Precision Nutrition, Nanocarriers, Hepatic Steatosis.

1. GİRİŞ

Non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD), obezite, insülin direnci ve metabolik sendromla yakından ilişkili olan ve dünya genelinde erişkin nüfusun yaklaşık %25'ini etkileyen en yaygın kronik karaciğer hastalığı konumuna gelmiştir (Younossi vd., 2016). Hastalık, basit hepatik steatozdan non-alkolik steatohepatit (NASH), fibrozis, siroz ve hepatoselüler karsinomaya (HCC) kadar geniş bir spektrumda seyredebilmektedir (Rinella vd., 2023). NAFLD patofizyolojisinin merkezinde hepatositlerdeki lipid birikimi, mitokondriyal disfonksiyon, oksidatif stres ve kronik enflamasyon yer almakta; bu süreç birden fazla vuruş hipoteziyle açıklanmaktadır (Grander vd., 2023).

Diyet müdahaleleri ve biyoaktif bileşiklere dayalı terapötik yaklaşımlar, NAFLD yönetiminde umut verici sonuçlar ortaya koymuştur. Ancak bu bileşiklerin çoğunun klinik çevirisi; düşük biyoyararlanım, hızlı metabolizma ve yetersiz hedefleme nedeniyle kısıtlı kalmaktadır. Bu zorlukların aşılmasında son yıllarda bitki kökenli ekstraselüler veziküller (PDEV) gündemin ön sıralarına taşınmıştır. PDEV'ler; bitki hücrelerinden salınan nanometrik membran vezikülleridir ve protein, lipid, nükleik asit ile çeşitli biyoaktif metabolitler taşıyabilen doğal iletim platformları olarak öne çıkmaktadır (Jo ve Rhee, 2025; Li vd., 2025).

Fisetin (3,3',4',7-tetrahidroksiflavan), çilek, elma, şeftali ve soğanda doğal olarak bulunan bir flavonoid olup güçlü anti-enflamatuar, antioksidan ve senetik özellikler sergilemektedir. NAFLD hayvan modellerinde fisetin; lipid birikimini azaltmakta, oksidatif stres ve enflamasyon göstergelerini baskılamakta ve NF- κ B, Nrf2, AMPK, SIRT1 gibi kritik sinyal yollarını düzenlemektedir (Sattari vd., 2025; Liou vd., 2018). Bu bağlamda PDEV'lerin fisetin iletiminde kullanımını, biyoyararlanım sorununu aşma potansiyeli taşıyan yenilikçi bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

One Health yaklaşımı, insan, hayvan ve ekosistem sağlığını bütünlük bir çerçevede ele almaktadır. NAFLD, insanlarda olduğu gibi evcil hayvanlar ve deney hayvanlarında da benzer metabolik mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıkmakta; bu durum karaciğer hastalığının türler ötesi evrimsel korunumuna işaret etmektedir (Grander vd., 2023; Rinella vd., 2023). Bu derleme; mevcut literatürü sentezleyerek PDEV aracılığıyla fisetin iletiminin NAFLD yönetimindeki potansiyelini One Health çerçevesinde ve yapay zeka destekli beslenme tanılama sistemleriyle entegre bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır.

2. NAFLD PATOFİZYOLOJİSİ VE METABOLİK TEMEL

2.1. NAFLD Hastalık Spektrumu ve Epidemiyoloji

NAFLD, hepatositlerin %5'inden fazlasında trigliserit birikimi ile tanımlanan ve ikincil yağ birikim nedenleri dışlanan bir durum olarak kabul edilmektedir (Younossi vd., 2016). MASLD (Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease) olarak yeniden adlandırma önerisi 2023 yılında hepatoloji topluluklarınca benimsenmekle birlikte, NAFLD terminolojisi mevcut literatürde yaygın kullanımını sürdürmektedir (Rinella vd., 2023). Hastalığın çok nedenli patogenezi; insülin direnci, oksidatif stres, gut mikrobiyomundaki disbioz ve çevresel faktörlerin etkileşimini kapsamaktadır (Grander vd., 2023).

2.2. Temel Moleküler Yollar

NAFLD patogenezinde rol oynayan başlıca yollar şunlardır: (1) De novo lipogenez (SREBP-1c aracılığıyla aktivasyon), (2) yağ asidi oksidasyonunun baskılanması (PPAR- α azalımı), (3) mitokondriyal disfonksiyon ve reaktif oksijen türleri (ROS) birikimi, (4) NF- κ B aracılıklı enflamasyon (TNF- α , IL-6, IL-1 β yükselmesi) ve (5) endoplazmik retikulum (ER) stresi (Sattari vd., 2024; Grander vd., 2023). Bu yolların bir arada hedeflenmesi, NAFLD'nin etkili yönetimi için zorunlu görünmektedir.

3. BİTKİ KÖKENLİ EKSTRASELÜLER VEZİKÜLLER (PDEV): YAPISI VE İŞLEVİ

3.1. PDEV Tanımı ve Biyogenezi

Ekstraselüler veziküller (EV), hem hayvan hem de bitki hücrelerinden salınan lipid ift tabaka membranla çevrilmiş yapılardır ve hücreler arası iletişimi sağlayan biyolojik bir rol üstlenirler (Welsh vd., 2024). Bitki kökenli veziküller 1960'lardın başlangıcından bu yana tanımlanmakta olup; protein, lipid, miRNA, mRNA ve çeşitli biyoaktif metabolitler taşıdıkları bilinmektedir

(Li vd., 2025). PDEV biyogenezi ağırlıklı olarak multiveziküler cisim (MVB) yolakları aracılığıyla gerçekleşir; ekzosit pozitif organeller (EXPO) ve vakuol yolakları da bu sürece katkıda bulunmaktadır (Li vd., 2026).

3.2. PDEV'lerin Terapotik Üstünlükleri

PDEV'ler, sentetik nanotaşıyıcılarla kıyaslandığında önemli avantajlar sunmaktadır: biyouyumluluk ve düşük toksisiteleri, geniş çaplı kaynakları, yüksek kargoiletim kapasiteleri ve kan-beyin bariyerini aşabilme yetenekleri öne çıkan özellikler arasındadır (Li vd., 2025; Li vd., 2025). PDEV'ler özellikle polif enol, flavonoid ve terpen gibi bitki kökenli bileşikler için ideal taşıyıcı platformlar olarak değerlendirilmektedir. PDEV bünyesine eksojen yüklemeye ultrases, elektroporasyon ve pıhtılaştırma yöntemleri kullanılmakta; bu yöntemler yükleme etkinliği ve kargoiletim verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Dove Press, 2025).

3.3. PDEV'lerin NAFLD Modellerindeki Rolü

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, çeşitli bitki kökenli veziküllerin NAFLD ile ilişkili yolaklarda etkili olduğunu göstermiştir. Özellikle zıncıfil ve üzüm kökenli eksosom benzeri nanoparaçacıklar, karaciğer hücrelerinde lipid birikimini azaltma, enflamasyon baskılama ve oksidatif stresle mücadele etme kapasitesi sergilemiştir (Li vd., 2025; Zhu vd., 2024). Bununla birlikte fisetin yüklü PDEV'lerin hepatik hastalık modellerindeki uygulaması henüz keşif aşamasındadır ve alanın kritik bir araştırma boşluğunu temsil etmektedir.

4. FİSETİN: NAFLD'DE ANTI-ENFLAMATUAR VE KORUÇU MEKANİZMALAR

Fisetin, çilek başta olmak üzere çeşitli meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan bir flavonol bileşii (3,3',4',7-tetrahidroksiflavan) olup güçlü antioksidan, anti-enflamatuar, senetik ve lipit düşürücü özellikler sergilemektedir (Belka vd., 2025). NAFLD yönetimindeki potansiyeli aşağıdaki mekanizmalar aracılığıyla açıklanmaktadır:

4.1. Lipit Metabolizması üzerine Etkiler

Yüksek yağlı diyetle beslenen C57BL/6 fare modellerinde fisetin; hepatik lipit birikimini belirgin biçimde azaltmış, lipolizi teşvik etmiş ve β -oksidasyon yolaklarını aktive etmiştir. Bu etkiler Sirt1/AMPK sinyal yolaklarının aktive edilmesi ve yağ asidi oksidasyonunun artırılması yoluyla gerçekleşmektedir (Liou vd., 2018). Ek olarak, fisetin'in SREBP-1c ekspresyonunu baskıladığı ve PPAR- α aktivitesini güçlendirdiği bildirilmiştir (Sattari vd., 2024).

4.2. Antioksidan Savunma Sistemleri

Fisetin, Nrf2/HO-1 sinyal eksenini aktive ederek GSH, SOD ve GPx3 gibi endojen antioksidan sistemleri güçlendirmektedir (Li vd., 2025; Belka vd., 2025). GSK-3 β /Nrf2/HO-1 yolak aktivasyonu yoluyla oksidatif hasara karşı hepatik koruma sağlamakta; ROS birikimi ve nitrik oksit (NO) düzeylerini azaltmaktadır (Peng vd., 2025).

4.3. Enflamasyon Baskılama

Fisetin, NF- κ B yolakını inhibe ederek TNF- α , IL-6 ve IL-1 β gibi pro-enflamatuar sitokinlerin ekspresyonunu baskılamaktadır. TACE/TNF- α sinyal yolağını hedefleyerek hepatik enflamasyon yüklenimini hafifletmekte ve karaciğer fibrozisine gidişi yavaşlatmaktadır (Minxuan vd., 2019; Sattari vd., 2024).

4.4. Otofaji ve ER Stres Düzenlemesi

Fisetin, AMPK/mTOR sinyal yolaklarını aktive ederek otofajik kapasiteyi artırmakta; GRP78, eIF2 α , ATF4 ve CHOP gibi ER stres belirteçlerinin ekspresyonunu azaltmaktadır (Sattari vd.,

2025). Bu çift mekanizma sayesinde fisetin, NAFLD'nin ilerlemesinde kritik rol oynayan hem lipit toksisitesini hem de hücrel stres yanıtlarını aynı anda hedef almaktadır.

5. ONE HEALTH PERSPEKTİFİNDE NAFLD VE HAYVAN MODELLERİ

One Health kavramı; insan, hayvan ve ekosistem sağlığının birbirine bağlı olduğunu ve bu boyutların entegre bir çerçevede ele alınması gerektiğini vurgular. NAFLD bu bakış açısından incelendiğinde, hastalığın temel patofizyolojik mekanizmalarının türer ötesi evrimsel korunumu dikkat çekicidir (Grander vd., 2023).

5.1. Hayvan Modellerinde NAFLD

NAFLD/NASH araştırmalarında yüksek yağlı diyet (HFD) uygulanan C57BL/6 fare modelleri en yaygın kullanılan deneysel platformlardır. Bu modeller basit steatozu, metabolik sendromu ve hafif-orta NASH'i yüksek doğrulukla yansıtmaktadır (Rinella vd., 2023; Grander vd., 2023). Buna ek olarak rat, zebra balığı, tavşan ve domuz modelleri de NAFLD patolojisinin farklı evrelerini temsil etmektedir (Fu vd., 2024). Veteriner histoloji ve embriyoloji alanı bu modellerin histopatolojik değerlendirilmesinde vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir: steatoz, hepatosit balonu değişikliği, lobüler enflamasyon ve fibrozis evrelerinin doku düzeyindeki analizi bu disiplinin temel katkı alanlarındanır.

5.2. Türler Arası Metabolik Korunumluluk

NAFLD ile ilişkili temel moleküler mekanizmalar — insülin direnci, de novo lipogenez, mitokondriyal disfonksiyon ve gut-karaciğer aksı — insanlarda, kemirgenlerde ve insan dışı primatlerde yüksek düzeyde korunumluluk sergilemektedir (Fu vd., 2024). Bu biyolojik ortaklık, insan hücre hatları (HepG2, Huh-7) ve hayvan doku örnekleri arasındaki karşılaştırmalı doğrulamanın epistemik temelini oluşturmakta ve PDEV-fisetin sisteminin çevirisel tıp uygulamalarındaki potansiyelini pekiştirmektedir.

6. YAPAY ZEKA İLE ENTEGRE BESLENME YAKLAşIMI

Yapay zeka (YZ) destekli beslenme tarama sistemleri, risk altındaki bireylerin erken tespiti ve kişiye özğü müdahalelerin planlanmasında kritik bir potansiyele sahiptir. Makine öğrenimi algoritmaları; diyetetik profillemeye, metabolik veriler ve klinik parametreler gibi çok boyutlu veri kümelerini entegre ederek NAFLD riskini öngörebilmektedir. PDEV-fisetin iletim sistemlerinin kişiselleştirilmesi sürecinde YZ araçları; en uygun kargo yükleme protokolünü, hedef doku doğruluğunu ve terapötik yanıt izlemesini optimize edebilir. Öte yandan YZ, insanlar ve hayvan modelleri arasındaki metabolik örüntüleri kıyaslamak ve One Health çerçevesine uygun tahmin modelleri geliştirmek için de bir araç haline gelmektedir.

7. ARAşTIRMA BÖLÜKLERİ VE GELECEğE YÖNELİK ÖNERİLER

Mevcut literatür değerlendirildiğinde fisetin yüklü PDEV'lerin hepatik hastalık modellerindeki uygulamasına yönelik çalışmaların oldukça kısıtlı kaldığı görülmektedir. Bu alanda kritik araştırma boşlukları şunlardır: (1) standart PDEV izolasyon protokollerinin eksikliği, (2) fisetin yükleme verimliliği ve in vitro/in vivo stabilitesine dair sınırlı veri, (3) insan hepatosit hücre hatları ile hayvan karaciğer dokusu arasındaki karşılaştırmalı doğrulama çalışmalarının yetersizliği ve (4) PDEV-fisetin sisteminin One Health perspektifinde değerlendirildiği tür arası translasyonel araştırma modellerinin yokluğu. Gelecek çalışmaların bu boşlukları doldurmaya odaklanması önerilmektedir.

8. SONUÇ

Bu derleme, bitki kökenli ekstraselüler veziküllerin (PDEV) fisetin iletiminde kullanılmasının NAFLD yönetiminde çok boyutlu ve umut verici bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır. PDEV aracılığıyla sağlanan biyoyoumlu iletim, fisetin'in düşük biyoyararlanım sorununu aşabilecek ve hepatik lipit metabolizması, oksidatif stres ile enflamasyon üzerindeki terapötik etkilerini potansiyelize edebilecektir.

One Health çerçevesi bu yaklaşıma önemli bir boyut katmakta; türer ötesi metabolik ortaklık, insan ve hayvan modellerinden elde edilen kanıtların entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Yapay zeka destekli beslenme tanılması ve kişiselleştirilmiş terapötik protokollerin bu sürece dahil edilmesi, hassas tıp uygulamalarını güçlendirebilir. Diyetetik, kök hücre biyolojisi, veteriner histoloji ve YZ alanının kesişiminde konumlanan bu disiplinlerarası çerçeve; translasyonel hepatolojinin geleceğine işaret eden yenilikçi bir gündem sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Minxuan, X., Sun, Y., Dai, X., Zhan, J., Long, T., Xiong, M., ... & Jun, T. (2019). Fisetin attenuates high fat diet-triggered hepatic lipid accumulation: A mechanism involving liver inflammation overload associated TACE/TNF- α pathway. *Journal of functional foods*, 53, 7-21.
- Li, J., Wang, Z., Wang, F., Du, X., & Pang, X. (2025). Plant-derived vesicles: isolation strategies and therapeutic applications. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1660579.
- Grander, C., Grabherr, F., & Tilg, H. (2023). Non-alcoholic fatty liver disease: pathophysiological concepts and treatment options. *Cardiovascular research*, 119(9), 1787-1798.
- Jo, H. Y., Kang, S. J., Kim, G., Gwak, S., Baek, G., & Rhee, W. J. (2025). Plant-derived extracellular vesicles: Current status and challenges for developing a new paradigm in therapeutics development. *View*, 6(1), 20240115.
- Li, C., Zeng, A., Li, L., & Zhao, W. (2025). Emerging Roles of Plant-Derived Extracellular Vesicles in Biotherapeutics: Advances, Applications, and Future Perspectives. *Advanced Biology*, 9(8), 2500008.
- Liou, C. J., Wei, C. H., Chen, Y. L., Cheng, C. Y., Wang, C. L., & Huang, W. C. (2018). Fisetin protects against hepatic steatosis through regulation of the Sirt1/AMPK and fatty acid β -oxidation signaling pathway in high-fat diet-induced obese mice. *Cellular physiology and biochemistry*, 49(5), 1870-1884.
- Peng, X., Wei, Z., Liu, S., Liu, L., Jiang, H., Yu, L., ... & Gu, Z. (2025). Effect and mechanism of fisetin against the development of metabolic dysfunction-associated fatty liver disease. *Scientific Reports*, 15(1), 35766.
- Fu, Y., Hua, Y., Alam, N., & Liu, E. (2024). Progress in the study of animal models of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. *Nutrients*, 16(18), 3120.
- Belka, M., Stawny, M., Masternak, M. M., & Krajka-Kuźniak, V. (2025). Mechanistic Analysis of Fisetin in Liver Diseases and Its Potential Therapeutic Application in IFALD—A Review of In Vitro and In Vivo Studies. *Nutrients*, 18(1), 102.
- Rinella, M. E., Lazarus, J. V., Ratzliff, V., Francque, S. M., Sanyal, A. J., Kanwal, F., ... & NAFLD Nomenclature Consensus Group. (2023). A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. *Hepatology*, 78(6), 1966-1986.
- Sattari, M., Shahaboddin, M. E., Akhavan Taheri, M., Khalili, E., Tabatabaei-Malazy, O., Goodarzi, G., ... & Panahi, G. (2025). Therapeutic potential of fisetin in hepatic

- steatosis: Insights into autophagy pathway regulation and endoplasmic reticulum stress alleviation in high-fat diet-fed mice. *PLoS One*, 20(5), e0322335.
- Sattari, M., Ostadmohammadi, K., Hajian, H., Karimpour, A., Sedghgou, F., Sattari, M., & Panahi, G. (2025). Fisetin as a Promising Agent in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Insights into Pathogenic Mechanisms and Therapeutic Potential. *Acta Biochimica Iranica*.
- Li, Z., Wang, K., Liu, X., Sun, M., Zhang, Y., & Su, W. (2026). Plant-derived extracellular vesicles for anti-obesity: Natural carriers, metabolic mechanisms, and therapeutic potential. *Food Research International*, 118433.
- Liou, C. J., Wei, C. H., Chen, Y. L., Cheng, C. Y., Wang, C. L., & Huang, W. C. (2018). Fisetin protects against hepatic steatosis through regulation of the Sirt1/AMPK and fatty acid β -oxidation signaling pathway in high-fat diet-induced obese mice. *Cellular physiology and biochemistry*, 49(5), 1870-1884.
- Welsh, J. A., Goberdhan, D. C., O'Driscoll, L., Buzas, E. I., Blenkiron, C., Bussolati, B., ... & Benedikter, B. J. (2024). Minimal information for studies of extracellular vesicles (MISEV2023): From basic to advanced approaches. *Journal of extracellular vesicles*, 13(2), e12404.
- Younossi, Z. M., Koenig, A. B., Abdelatif, D., Fazel, Y., Henry, L., & Wymer, M. (2016). Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease—meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. *Hepatology*, 64(1), 73-84.
- Zhu, Y., Zhao, J., Ding, H., Qiu, M., Xue, L., Ge, D., ... & Wang, J. (2024). Applications of plant-derived extracellular vesicles in medicine. *MedComm*, 5(10), e741.

KIRIKKALE BÖLGESİNİN UNUTULMAYA YÜZ TUTMUŞ YÖRESEL YEMEKLERİ

Merve DENEK

*İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları
mervedenek@outlook.com.tr
ORCID: 0009-0000-7592-4628*

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Kırıkkale bölgesine ait unutulmaya yüz tutmuş yöresel yemeklerin tespit edilmesi, bunların kayıt altına alınması ve kültürel mirasın korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasının sağlanmasıdır. Yemek kültürü, bir toplumun tarihsel birikimini, kimliğini ve sosyal yaşamını yansıtan önemli bir unsurdur. Modernleşme, kentleşme, göç ve hazır gıda tüketiminin artması gibi nedenlerle geleneksel yemekler giderek unutulma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda; bu çalışma hem kültürel sürdürülebilirliğe katkı sağlamayı hem de bölgenin gastronomi turizmi potansiyelini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, nitel araştırma yöntemi kapsamında yürütülmüş olup veri toplama sürecinde yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini, Kırıkkale merkez ve bağlı ilçelerinde yaşayan ve yöresel mutfak kültürü hakkında bilgi sahibi olan 15 katılımcı oluşturmaktadır. Elde edilen veriler, tematik analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu çerçevede; yemeklerin hazırlanma süreçleri, kullanılan malzemeler, yöresel terminoloji ve kültürel aktarım biçimleri sistematik olarak incelenmiştir. Araştırma bulguları, Kırıkkale mutfağına ait birçok geleneksel yemeğin genç kuşaklar tarafından bilinmediğini, buna karşın yaşlı kuşaklar tarafından sınırlı ölçüde yaşatılmaya devam edildiğini göstermektedir. Görüşmeler sonucunda; çorbalar, sebze yemekleri, et yemekleri, tatlılar ve diğer yöresel ürünler olmak üzere farklı kategorilerde çok sayıda yemek tespit edilmiştir. Sonuç olarak; yöresel yemeklerin kayıt altına alınmasının kültürel belleğin korunması açısından büyük önem taşıdığı ve bu değerlerin gastronomi turizmi kapsamında değerlendirilmesinin bölgesel kalkınmaya katkı sağlayabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yöresel yemek, Kırıkkale mutfağı, Kültürel miras, Gastroturizm, Geleneksel mutfak

Jel Kodları: L83, Z32

THE FORGOTTEN LOCAL DISHES OF THE KIRIKKALE REGION

Merve DENEK

Istanbul Nişantaşı University, Graduate School of Education, Gastronomy and Culinary Arts

mervedenek@outlook.com.tr

ORCID: 0009-0000-7592-4628

ABSTRACT

The aim of this study is to identify the traditional dishes of the Kırikkale region that are in danger of being forgotten, to document them, and to ensure that this cultural heritage is preserved and passed on to future generations. Food culture is a vital element that reflects a society's historical legacy, identity, and social life. Traditional dishes are increasingly at risk of being forgotten due to factors such as modernization, urbanization, migration, and the rise in processed food consumption. In this context, this study aims to contribute to cultural sustainability and highlight the region's potential for culinary tourism. This research was conducted using a qualitative research methodology, employing a semi-structured interview technique during the data collection process. The study's sample consists of 15 participants living in the central district and affiliated districts of Kırikkale who possess knowledge of the local culinary culture. The data obtained were evaluated using thematic analysis. Within this framework, the preparation processes of the dishes, the ingredients used, local terminology, and forms of cultural transmission were systematically examined. The research findings indicate that many traditional dishes of the Kırikkale cuisine are unknown to younger generations, while they continue to be preserved to a limited extent by older generations. As a result of the interviews, a large number of dishes were identified across various categories, including soups, vegetable dishes, meat dishes, desserts, and other local products. In conclusion, it was determined that documenting local dishes is of great importance for the preservation of cultural memory, and that evaluating these values within the scope of culinary tourism could contribute to regional development.

Keywords: Traditional dishes, Kırikkale cuisine, Cultural heritage, Gastro-tourism, Local gastronomy

Jel Codes: L83, Z32

OSMANLI TAŞRA EKONOMİSİNİN YAPISI: TEMETTUAAT DEFTERLERİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME (DEVREK ÖRNEĞİ)

Dr. Öğr.Üyesi. Tansu Hilmi HANÇER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
hancertansu@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0625-301X

Samet GÜNGÖR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Tezli Y.L.
sametgungor.ofis@gmail.com
ORCID: 0009-0006-3869-0029

ÖZET

Osmanlı İktisat tarihine ilişkin çalışmalarda taşra ekonomisinin yapısını ortaya koymak, ekonomik ilişkilerin anlaşılması açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Devrek kazasına bağlı Yoğunhatun ve Erbulan Karyelerine ait temettuat defteri üzerinden XIX. yüzyıl taşra ekonomisinin temel özelliklerini incelemektir. Söz konusu defterler, hane bazında gelir, üretim, meslek, ve vergi unsurlarını içermesi bakımından dönemin ekonomik yapısına dair bilgiler sunmaktadır.

Çalışmada, temettuat kayırlarında yer alan Osmanlı Türkçesi veriler transkripsiyon yöntemiyle Latin harflerine aktarılmış ve betimsel analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda tarımsal üretim kalemleri, arazi kullanımı, hayvan varlığı, meslek dağılımı ve vergi yükü gibi ekonomik göstergeler incelenmiştir.

Elde edilen bulgular, incelenen karyede ekonomik yapının büyük ölçüde tarımsal üretim ve hayvancılığa dayandığını göstermektedir. Bununla birlikte üretimin yalnızca bireysel faaliyetler çerçevesinde değil, ortaklık ve kiracılık ilişkileri aracılığıyla da sürdürüldüğü anlaşılmaktadır. Meslek dağılımı verileri, tarım dışı faaliyetin sınırlı düzeyde kaldığını ortaya koyarken, vergi kayıtları haneler arasında belirli bir gelir farklılaşmasının bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca değirmen işletmeciliği ve kira gelirleri gibi unsurların varlığı, kırsal ekonomide sınırlı da olsa bir çeşitlilik bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, temettuat defterleri aracılığıyla Osmanlı taşra ekonomisinin üretim yapısı, gelir unsurları ve meslek dağılımını ortaya koymakta ve yerel düzeyde yapılan analizlerin ekonomik tarih çalışmalarına önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Temettuat Defterleri, Osmanlı Ekonomisi, Kırsal Ekonomi, Tarımsal Üretim, Gelir Yapısı

Jel Kodları: N95, O13, D31.

THE STRUCTURE OF THE OTTOMAN PROVINCIAL ECONOMY: AN ANALYSIS BASED ON TEMETTUAAT REGISTERS (THE CASE OF DEVREK)

Assist. Prof. Dr. Tansu Hilmi HANÇER

Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

hancertansu@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0625-301X

Samet GÜNGÖR

Zonguldak Bülent Ecevit University, Institute of Social Sciences, M.A. in Economics (Thesis Program)

sametgungor.ofis@gmail.com

ORCID: 0009-0006-3869-0029

ABSTRACT

In studies on Ottoman economic history, examining the structure of the provincial economy plays an important role in understanding economic relations. The aim of this study is to analyze the main characteristics of the nineteenth-century provincial economy through the temettuat registers of the villages of Yoğunhatun and Erbulan in the district of Devrek. These registers provide valuable information on the economic structure of the period, as they include household-level data on income, production, occupation, and taxation.

In this study, the Ottoman Turkish data contained in the temettuat records were transcribed into the Latin alphabet and analyzed using the descriptive analysis method. Within this framework, key economic indicators such as agricultural production, land use, livestock assets, occupational distribution, and tax burden were examined.

The findings indicate that the economic structure of the examined villages was largely based on agriculture and animal husbandry. In addition, production was not limited to individual activities but was also carried out through partnerships and tenancy relations. Occupational distribution data reveal that non-agricultural activities remained limited, while tax records indicate a certain degree of income differentiation among households. Furthermore, the presence of income sources such as milling and rental activities suggests that there was a limited level of economic diversification in the rural economy.

In conclusion, this study reveals the production structure, income components, and occupational distribution of the Ottoman provincial economy through temettuat registers, and demonstrates that local-level analyses can make significant contributions to studies in economic history.

Keywords: Temettuat Registers, Ottoman Economy, Rural Economy, Agricultural Production, Income Structure

Jel Codes: N95, O13, D31.

YAPAY ZEKA VE GELENEKSEL SENARYO YAZIMI: ANLATI MANTIĞI, KARAKTER DERİNLİĞİ VE İZLEYİCİ TEPKİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Dr. Burcu KURTİŞ

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Radyo, Televizyon ve Sinema Bölümü ve Yapay Zeka Mühendisliği Yüksek Lisans öğrencisi Dr. Öğr. Üyesi Burcu KURTİŞ

burcu.kurtis@nisantasi.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6254-4095

ÖZET

Bu çalışma, yapay zeka tarafından üretilen senaryolar ile geleneksel yazarlar tarafından oluşturulan senaryolar arasındaki farklılıkları, anlatı mantığı, karakter inşası ve seyirci tepkileri bağlamında incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, yapay zeka temelli senaryolarda karakterlerin derinlik, özgünlük, motivasyon ve duygusal karmaşıklık düzeyleri, geleneksel yöntemlerle yazılmış karakterlerle karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte, yapay zeka destekli metinlerde olay örgüsünün kuruluş biçimi, dramatik yapı unsurları olan çatışma, doruk noktası ve çözüm ekseninde analiz edilmekte ve bu sistemlerin yeni anlatı formları üretme potansiyeli değerlendirilmektedir.

Çalışmada, yapay zeka destekli senaryo yazımının hız, çeşitlilik ve türsel doğruluk gibi avantajları vurgulanırken bu üretimlerin çoğunlukla istatistiksel örüntülere dayanması nedeniyle özgünlük ve derinlik açısından taşıdığı sınırlılıklar tartışılmaktadır. Ayrıca güncel algoritmaların karakter sürekliliği sağlama, alt metin oluşturma ve uzun soluklu dramatik yapı kurma konularındaki gelişimi eleştirel bir perspektifle incelenmektedir.

Araştırmanın yöntemi, seçilmiş örnek filmler üzerinden gerçekleştirilen nitel karşılaştırmalı anlatı analizine dayanmaktadır. Bu bağlamda, farklı üretim süreçlerine sahip senaryoların yapı çözümlenmeleri yapılmakta ve karakter gelişimi, dramatik yapı ve anlatı sürekliliği detaylı biçimde incelenmektedir. Bunun yanı sıra seyirci tepkileri, empati düzeyi, gerçeklik algısı ve anlatıya bağlanma hissi gibi değişkenler üzerinden değerlendirilmektedir.

Yapay zeka destekli senaryo yazımının sinemada anlatı biçimleri ve seyirci deneyimi üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir çerçevede ortaya koymayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Senaryo Yazımı, Sinemada Yapay Zeka, Yapay Sınır Ağları, Dramatik Yapı, Dijital Hikaye Anlatımı.

Jel Kodları : 033 – Teknolojik Değişim: Seçimler ve Sonuçları; Yayılım (Difüzyon) Süreçleri (Yapay zeka ve teknolojik dönüşüm)

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND TRADITIONAL SCREENWRITING: A STUDY ON NARRATIVE LOGIC, CHARACTER DEPTH, AND AUDIENCE REACTIONS

Dr. Burcu KURTİŞ

*Dr. Burcu KURTİŞ, Assistant Professor at Istanbul Nişantaşı University, Faculty of Art and Design, Department of Radio, Television, and Cinema, and a Master's student in Artificial Intelligence Engineering,
burcu.kurtis@nisantasi.edu.tr*

ORCID: 0000-0001-6254-4095

ABSTRACT

This study aims to examine the differences between AI-generated screenplays and those created by traditional writers in terms of narrative logic, character development, and audience reactions. Within the scope of the research, the levels of depth, originality, motivation, and emotional complexity of characters in AI-based screenplays are analyzed in comparison to characters written using traditional methods. Additionally, the structure of the plot in AI-generated texts is analyzed in terms of dramatic elements such as conflict, climax, and resolution, and the potential of these systems to generate new narrative forms is evaluated.

The study highlights the advantages of AI-assisted screenwriting, such as speed, diversity, and genre accuracy, while also discussing the limitations in terms of originality and depth due to the fact that these productions largely rely on statistical patterns. Additionally, the development of current algorithms in maintaining character continuity, generating subtext, and constructing sustained dramatic structures is examined from a critical perspective.

The research methodology is based on a qualitative comparative narrative analysis conducted using selected sample films. In this context, structural analyses of screenplays with different production processes are performed, and character development, dramatic structure, and narrative continuity are examined in detail. Additionally, the study evaluates variables such as audience reactions, empathy levels, perception of reality, and the sense of connection to the narrative.

It aims to reveal the effects of AI-assisted screenwriting on narrative forms and the audience experience in cinema within a multidimensional framework.

Keywords: Screenwriting, Artificial Intelligence in Film, Artificial Neural Networks, Dramatic Structure, Digital Storytelling.

Jel Codes: 033 – Technological Change: Choices and Consequences; Diffusion Processes

YAPAY ZEKÂ KULLANIMI İÇİN YASAL GEREKLİLİKLER: YÖNETSEL AÇIDAN TERCİH Mİ- ZORUNLULUK MU?

Dr. Öğr. Ü. Deniz YILDIZ

Ordu Üniversitesi, Ünye Meslek Yüksek Okulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü,

denizyildiz1990@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3090-8872

Doç. Dr. Cem ANGIN

Ordu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü,

angin52@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2813-5586

ÖZET

Küresel düzeyde kullanımı oldukça yaygınlaşan yapay zekâ gerek Türkiye’de gerekse dünyada yönetsel süreçlerin ve kamusal hizmetlerinin dönüşümünde belirleyici bir unsur haline almıştır. Gelişen noktada yapay zekâ artık kamu politikalarının, karar alma süreçlerinin ve kamusal hizmetlerin planlanmasından sunumuna, denetimden yönetimine kadar farklı aşamalarda önemli roller üstlenmektedir. Ancak yapay zekanın bu denli gelişmesi ve yaygınlaşması beraberinde çok katmanlı hukuki, etik ve yönetsel sorunları ve cevaplanması gereken soruları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle yapay zekâ uygulamalarının kamu yönetiminde sürdürülebilir ve meşru bir şekilde kullanılabilmesi için başta Avrupa Birliği (AB) olmak üzere dünyada pek çok ülke yasal gereklilikleri gündeme getirmektedir.

Çalışma buradan hareketle genel olarak yönetsel süreçlerde daha spesifik olarak da kamu yönetiminde yapay zekâ kullanımına ilişkin yasal gereklilikleri ele almayı ve çeşitli boyutlarıyla (hukuki dayanak, yetki, hukuki sorumluluk, etik ilkeler, temel hak ve özgürlükler, şeffaflık gibi) analiz etmeyi amaçlamaktadır. Yöntemsel açıdan literatür taraması ve normatif analizden yararlanılmıştır. Çalışmanın kapsamı Türkiye ve dünyada konuya ilişkin hukuki düzenlemeler gerçekleştirmiş ülkelerle sınırlı tutulmuştur. Araştırma bulguları, yapay zekâ teknolojilerinin kamusal hizmet ve faaliyetlerin etkinliğini artırma potansiyeli taşıdığını, bununla birlikte söz konusu teknolojilerin kullanımının ciddi hukuki boşluklar ve düzenleme eksiklikleri barındırdığını göstermektedir. Bu bağlamda, mevcut hukuki düzenlemelerin yapay zekâ sistemlerinin ortaya çıkardığı yeni sorun alanlarını karşılamada yetersiz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, yapay zekâ kullanımına ilişkin hukuki düzenlemelerin geliştirilmesi ve bu alandaki sorumluluk rejiminin yeni koşullara uygun biçimde yeniden yapılandırılması gerektiği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Kamu Yönetimi, Yasal Düzenleme, Yönetişim

Jel Kodları: H83, O33, D83

LEGAL REQUIREMENTS FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: FROM AN ADMINISTRATIVE PERSPECTIVE — A PREFERENCE OR A NECESSITY?

Asst. Prof. Dr. Deniz YILDIZ

*Ordu University, Ünye Vocational School, Department of Management and Organization
denizyildiz1990@gmail.com*

ORCID: 0000-0003-3090-8872

Assoc. Prof. Dr. Cem ANGIN

*Ordu University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Political Science and
Public Administration*

angin52@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2813-5586

ABSTRACT

Artificial intelligence, whose use has become quite widespread at the global level, has become a determining factor in the transformation of administrative processes and public services both in Türkiye and in the world. At this point, artificial intelligence now assumes important roles at different stages, from the planning to the delivery of public policies, decision-making processes, and public services, to their supervision and management. However, the development and widespread use of artificial intelligence to such an extent also brings along multi-layered legal, ethical, and administrative problems, as well as questions that need to be answered. For this reason, in order for artificial intelligence applications to be used in public administration in a sustainable and legitimate manner, many countries in the world, especially the European Union (EU), are bringing legal requirements to the agenda.

This study, departing from this point, aims in general to address the legal requirements concerning the use of artificial intelligence in administrative processes, and more specifically in public administration, and to analyze them in various dimensions (such as legal basis, authority, legal liability, ethical principles, fundamental rights and freedoms, and transparency). From a methodological perspective, literature review and normative analysis were employed. The scope of the study was limited to Türkiye and to countries in the world that have enacted legal regulations on the subject. The findings of the research demonstrate that artificial intelligence technologies have the potential to increase the efficiency of public services and activities; however, they also reveal that the use of these technologies involves serious legal gaps and regulatory deficiencies. In this context, it was concluded that the existing legal regulations remain insufficient to address the new problem areas created by artificial intelligence systems. For this reason, it was assessed that the legal regulations concerning the use of artificial intelligence should be improved and that the liability regime in this field should be restructured in a manner appropriate to the new conditions.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Administration, Legal Regulation, Governance

JEL Codes: H83, O33, D83

DİJİTALLEŞME ÇAĞINDA ÇALIŞANLARIN MEKÂNSAL EŞİTSİZLİKLERİ

Prof. Dr. Nesrin ŞALVARCI TÜRELİ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta Meslek Yüksekokulu,

Yönetim ve Organizasyon Bölümü

nesrintureli@isparta.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7287-217X

Kürşat Han AYDIN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Ekonomi ve Yönetim Anabilim Dalı (Disiplinlerarası)

kursathan.00@gmail.com

ORCID: 0009-0003-7267-9454

Özet

Dijitalleşmenin hız kazandığı günümüzde çalışma hayatı köklü bir dönüşüm geçirmekte ve bu dönüşüm çalışanlar açısından yeni mekânsal eşitsizlik dinamiklerini de beraberinde getirmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) yaygınlaşmasıyla birlikte işin mekâna bağımlılığı azalırken "akışlar mekânı" kavramı ön plana çıkmıştır. Ancak bu dönüşüm, fırsatlara erişimde eşitlik sağlamaktan ziyade yeni eşitsizlik biçimlerini üretmektedir. Uzaktan çalışma ve platform ekonomisi çalışanlara esneklik sunmakla birlikte güvencesizlik, algoritmik denetim ve yeni bağımlılık ilişkileri ortaya çıkarmaktadır. Yüksek beceri gerektiren meslekler mekânsal bağımsızlık avantajından yararlanırken, emek yoğun sektörlerde çalışanlar fiziksel mekâna bağımlı kalmaya devam etmektedir. BİT altyapılarının belirli şehirlerde yoğunlaşması erişim, beceri ve kullanım düzeyleri bakımından bölgesel eşitsizlikleri artırmaktadır. Bu çalışma, sanayi toplumundan enformasyon toplumuna geçişle birlikte ortaya çıkan dijitalleşmenin çalışanların mekânsal konumları üzerindeki etkilerini kapsamlı bir literatür taraması yoluyla inceleyen nitel bir derlemedir. İçerik analizi yöntemiyle elde edilen bulgular, mekânsal fırsat yapısının istihdama erişimde belirleyici olmayı sürdürdüğünü ve dijitalleşmeye karşı fiziksel mekânın önemini koruduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra mekânsal uyumsuzluk düşük gelirli ve düşük becerili çalışanların nitelikli işlere erişimini güçleştirirken, beceri yanlı teknolojik değişim yüksek nitelikli iş gücünü belirli kentlerde yoğunlaştırarak ücret eşitsizliklerini artırmakta ve kentsel kutuplaşmayı güçlendirmektedir. Demografik açıdan ise gençler, yaşlılar, kadınlar ve göçmenler dijitalleşmenin mekânsal eşitsizliklerinden orantısız biçimde etkilenmektedir. Bu nedenle yalnızca teknolojik altyapıya yatırım yapmak yeterli olmayıp, yer temelli politikalarla dijital becerilerin yaygınlaştırılması, kapsayıcı istihdam olanaklarının geliştirilmesi ve mekânsal adaletin gözetilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Mekânsal eşitsizlikler, Akışlar mekânı, Demografik eşitsizlik, Yer temelli politikalar

SPATIAL INEQUALITIES OF EMPLOYEES IN THE AGE OF DIGITALIZATION

Abstract

In the contemporary era of accelerating digitalisation, the world of work is undergoing a profound transformation, giving rise to novel dynamics of spatial inequality for employees. As information and communication technologies (ICT) become more widespread, the dependence of work on a specific location has diminished, bringing the concept of the "space of flows" to the forefront. Nevertheless, rather than ensuring equal access to opportunities, this situation engenders new forms of inequality. While remote working and the platform economy offer greater flexibility to employees, they simultaneously produce precarity, algorithmic control, and new forms of dependency. Occupations requiring a high level of skill benefit from the advantage of spatial independence, whereas those engaged in labour-intensive sectors remain bound to specific physical locations. The concentration of ICT infrastructure in specific cities compounds existing disparities in terms of access, skill levels, and utilisation. This study constitutes a qualitative review examining the effects of digitalisation—which emerged alongside the transition from an industrial to an information society—on the spatial locations of employees through a comprehensive literature review. The findings obtained through content analysis indicate that the spatial opportunity structure continues to determine access to employment and that, despite digitalisation, the importance of physical space persists. Spatial mismatches impede low-income and low-skilled employees' access to skilled jobs, while skill-biased technological change concentrates the highly skilled workforce in specific cities, thereby increasing wage inequalities and reinforcing urban polarisation. Demographically, young people, older workers, women, and migrants are disproportionately affected by the spatial inequalities of digitalisation. Consequently, investment in technological infrastructure alone is insufficient; it is imperative to foster digital competencies through place-based policies, cultivate inclusive employment prospects, and guarantee spatial justice.

Keywords: Digitalisation, Spatial inequalities, Space of flows, Demographic inequality, Place-based policies

1.Giriş

Küreselleşme ile birlikte kapitalist üretimin uluslararası ölçekte daha esnek ve parçalı bir yapıya bürünmesi, sermayenin ve üretimin belirli mekânlara bağımlılığını kırarak dünya geneline yayılmasını sağlamıştır. Fordist üretim tarzından esnek üretim sürecine geçiş, üretim faaliyetlerinin farklı coğrafyalara dağıtılmasına yol açarak mekânsal eşitsizliklere yeni bir boyut kazandırmıştır. Özellikle ulusötesi şirketlerin ucuz iş gücü arayışıyla üretimi belirli bölgelere kaydırması, kırsaldan kente göçü hızlandırmış, hızlı nüfus artışı karşısında yetersiz kalan kentlerde gecekondu mahallelerinin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Kentlerde yükselen yeni burjuva sınıfı ve gecekondu mahalleleri arasında derinleşen toplumsal ayrışma mekânsal adaletsizliği daha görünür kılmıştır (Arslan, 2013: 25).

Söz konusu mekânsal ve toplumsal dönüşüm, günümüzde enformasyon ve iletişim teknolojilerine dayalı teknolojik devrimle yeni bir evreye taşınmıştır. Bu devrim, sanayi toplumundan enformasyon toplumuna geçişi tetiklerken fiziksel sermayenin yerini beşeri sermayeye bırakmasına ve bilgi üretiminin ekonomik yapının temeli hâline gelmesine neden olmuştur. Manuel Castells'in "ağ toplumu" olarak nitelendirdiği bu yeni düzende, toplumsal yapıyı dönüştüren temel güç enformasyon ve iletişim teknolojileri olmuştur (Başarmak ve Öktem, 2019: 284).

Yeni düzende dijitalleşme, iş dünyasını fiziksel sınırların ötesine taşıyarak geleneksel ofis algısını sanallaştırmış ve iş mekânı kavramını temelden değiştirmiştir. Bununla birlikte kaynakların ve fırsatların farklı sosyoekonomik katmanlar arasındaki eşitsiz dağılımını ortadan kaldıramamış, aksine yeni nesil mekânsal eşitsizliklerin doğmasına zemin hazırlamıştır

(Duman, 2025: 231). Kentsel merkezler teknolojiye dayalı esneklik ve fırsat genişlemesine sahne olurken kırsal ve yarı kentsel alanlarda yapısal dezavantajlar derinleşmiştir. Bu durum, hâlihazırda var olan eşitsizliklere dijital eşitsizliklerin eklenmesi ile mekânsal eşitsizliğin yeni bir boyut kazandığı anlamına gelmektedir.

Bu çalışmanın temel varsayımı, dijital dönüşümün mekânsal engelleri tamamen ortadan kaldırmadığı, aksine yeni tür kutuplaşmalara zemin hazırladığı yönündedir. Buradan hareketle çalışma, uzaktan çalışma, platform ekonomisi ve dijital altyapı erişiminin mekânsal eşitsizlikleri nasıl yeniden ürettiğini ve dönüştürdüğünü ele almaktadır. Literatürde mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu dijitalleşmeyi ve mekânsal eşitsizlikleri birbirinden bağımsız temalar olarak incelemektedir. Her iki olguyu bütünlük bir analitik çerçevede ele alan Türkçe literatür ise kısıtlı kalmaktadır. Bu çalışma, emek coğrafyası, dijital ekonomi ve mekânsal adalet yazınından beslenerek söz konusu kuramsal boşluğu doldurmayı ve iki araştırma sorusuna yanıt vermeyi hedeflemektedir: (1) Dijitalleşme çalışanlara mekânsal olarak hangi eşitsizlikleri beraberinde getirmiştir? (2) Demografik bakımdan dijitalleşme hangi mekânsal eşitsizlikleri üretmektedir?

Çalışma nitel bir derleme niteliği taşımaktadır. Yöntem olarak içerik analizi benimsenmiştir. Emek piyasası coğrafyası, dijital ekonomi, mekânsal adalet ve çalışma sosyolojisi alanlarında yayımlanmış ulusal ve uluslararası literatür sistematik biçimde taranmıştır. Çalışma; kavramsal çerçeve, dijitalleşme sürecinin ortaya çıkardığı mekânsal eşitsizlikler, demografik boyutlar, politika önerileri ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

Bu bölümde dijital mekânsal eşitsizlik kavramına ulaşmak amacıyla mekân, eşitsizlik ve mekânsal eşitsizlik kavramları kuramsal bir perspektiften ele alınmaktadır.

2.1. Mekân

Mekân, yalnızca fiziksel bir yerleşim alanı değildir. Kimin nerede bulunduğunu, hangi kaynaklara erişebildiğini ve nasıl bir yaşam sürdürdüğünü belirleyen, bireyi ve yaşam biçimini şekillendiren temel bir parametredir (Sarkar, Cottineau-Mugadza ve Wolf, 2024: 1391). Ortak yaşam koşulları ve benzer deneyimler aracılığıyla bireylerin kimliklerini ve toplumsal konumlarını inşa eden bir yapı olan mekân, aynı mekânsal sınırları paylaşan bireyler için ortak bir yaşam algısı ile aidiyet ve sınıfsal bilinç oluşturur (Israel ve Frenkel, 2018: 656).

Henri Lefebvre (2007: 14), mekânı anlamlandırmak için bütüncül bir bakış açısı önermekte, fiziksel, zihinsel ve sosyal alanları birbirinden ayrı düşünmenin hataya yol açacağını vurgulamaktadır. Zihinsel olarak tasarlanan "ideal" mekân ile gündelik hayatta deneyimlenen "gerçek" mekân birbirini desteklemekte ve iç içe geçmektedir. Bu noktada amaç, evrensel ve sabit bir mekân dili aramak değil, farklı toplumsal grupların mekânsal kodlarının insanlar, örgütler ve uygulamalar arasındaki ilişkilerle nasıl üretildiğini ve dönüştüğünü kavramaktır (Lefebvre, 2007: 17,18).

Mekânın bu ilişki ve dinamik doğası, bireylerin sosyoekonomik çıktılarını doğrudan ve dolaylı yollarla şekillendiren bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğrudan etki, eğitim ve beceri gibi kişisel özelliklerin ekonomik statüye dönüşme kapasitesini belirlerken; dolaylı etki, çevreye bağlı olarak şekillenen fiziksel ve zihinsel sağlık, sosyal ağlar ve ebeveynlik modelleri aracılığıyla bireyin fırsat yapısını uzun vadede inşa etmektedir (Galster ve Sharkey, 2017: 7). Semt, mahalle veya okul çevresindeki akranlar, rol modeller ve kolektif sosyalleşme güçleri bireyin normlarını, tercihlerini ve davranışlarını kalıplara dökmekte, sosyoekonomik başarısını belirleyen kritik yaşam tercihlerini yönlendirmektedir (Galster ve Sharkey, 2017: 10).

Mekân, bireyi bir topluluğun parçası yaparken "ötekileri" dışarıda bırakmak için görünmez duvarlar örmeştir. Bu çevreler bireyleri toplumsal alanda ya kontrol sahibi olmalarını sağlayacak güçle donatmakta ya da onları dezavantajlı bir konuma hapsetmektedir. Kent,

toplumsal hiyerarşiyi yeniden üretmektedir: üst sınıf mahallelerde yaşayanlar "yönetme ve söz sahibi olma" donanımı kazanırken yoksul bölgelerde yaşayanlar "itaat etme veya dışlanma" döngüsüne girmektedir (Israel ve Frenkel, 2018: 657). Bir mekânın fırsat zenginliği (iş, boş zaman, sosyal altyapı), fırsatlara erişim kolaylığı ve maliyetidir (Sarkar ve diğerleri 2024: 1395).

2.2. Eşitsizlik

Eşitsizlik, toplumların temel sorunlarından biri olup sosyal bilimler literatüründe yoğun biçimde araştırılan bir alan ve kamu yönetimlerinin öncelikli gündem maddelerinden biridir. Coğrafi eşitsizliğin kapsamı, işleyiş dinamikleri ve ortaya çıkardığı sonuçlar başta olmak üzere konuya ilişkin tartışmalarda yakınsama (neoklasik iktisat) ve ıraksama (bağımlılık kuramı, Neo-Marksizm) ekollerinin egemen olduğu görülmektedir (Wei, 2015: 1).

John Rawls'a göre eşitsizlik, her şeyden önce fırsat eşitliğinin sağlanamaması durumudur. Adil bir demokrasi, tüm bireylerin refahlarını artıracak kaynaklara eşit düzeyde erişebildiği bir toplum modelidir (Drozd, 2014: 7). Bu çerçevede eşitsizlik, toplumsal kaynakların, hakların ve imkânların bireyler ile gruplar arasında adil olmayan biçimde dağılmasıdır. Bu durum yalnızca maddi bir yoksunluk değil, sermayenin kâr önceliği doğrultusunda şekillenen çok boyutlu bir dışlanma sürecidir. Kentsel yatırımların yalnızca yüksek kâr vaat eden alanlara yoğunlaşmasıyla eşitsizlik mekânsal bir boyut kazanmakta, piyasa odaklı sosyal politikalar ise dezavantajlı grupların siyasi temsil haklarını zayıflatarak onları hem ekonomik hem de demokratik sistemin dışına itmektir (Drozd, 2014: 18).

Eşitsizlikler toplumda çoğunlukla ekonomik, sosyal veya teknolojik alanda ortaya çıkmakla birlikte en belirgin biçimde fiziksel alanda görülmektedir. Eşitsizliklerin ölçülmesi, haritalanması ve izlenmesi kentsel planlama ve politika geliştirme süreçleri açısından kritik öneme sahiptir (Sarkar ve diğerleri, 2024: 1392). Her eşitsizliğin her toplumda sorun teşkil etmediği ve kaynakların tümüyle eşit biçimde dağıldığı bir kentsel yapının kurulmasının her zaman mümkün olmadığı da akılda tutulmalıdır. Zira böyle bir yapıda ekonomik ve toplumsal akış süreçleri işleyemez (Sarkar ve diğerleri, 2024: 1401).

2.3. Mekânsal Eşitsizlik

Bireylerin yaşam alanı seçimleri çoğunlukla iradi bir tercihten ziyade sahip oldukları sermaye türü, sermaye miktarı ve erişim olanakları tarafından biçimlenmektedir. Ekonomik, sosyal, kişisel ve kültürel imkânları kısıtlı bireyler dezavantajlı bölgelerde kalmak zorunda kalırken avantajlı durumdaki bireyler fırsatlara erişim imkanları daha geniştir (Israel ve Frenkel, 2018: 659). Mekânsal eşitsizlik, stratejik kaynakların coğrafi açıdan asimetric dağılımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bazı bölgeler kaynaklara erişim üstünlüğüne sahipken diğerleri değildir. Bu mekânsal adaletsizlik, nüfus grupları arasında avantajlı ve dezavantajlı sınıflar yaratarak toplumsal katmanlaşmaya neden olmaktadır (Sarkar ve diğerleri, 2024: 1401).

Toplumsal katmanlaşma yalnızca güncel politikaların bir sonucu değildir. Bölgenin tarihsel ve coğrafi arka planıyla doğrudan ilişkilidir. Doğal kaynaklar, coğrafi yapı (birinci doğa coğrafyası) (Chan, Ellingsen ve Simpson, 2025: 18), ataerkil yapılar ve toplumsal bariyerler, bireylerin nitelikli eğitim ve sağlık kurumlarına ve sosyal ağlara erişimini sağlamakta ya da kısıtlamaktadır. Metropoller gibi finans ve teknoloji merkezleri çalışanlara yeteneklerini ortaya koyma ve geliştirme imkânı sunarken, kırsal bölgeler yetersiz sosyal, ekonomik ve fiziksel imkanlar nedeniyle iş gücü açısından mekânsal eşitsizliklerin zeminini hazırlamaktadır.

Kentler mekânsal sıralama filtreleri görevi görmektedir. Sosyoekonomik açıdan eşit imkanlara sahip iki birey, şehirde nerede yaşadığına bağlı olarak kentsel kaynaklara, hizmetlere, altyapıya ve çeşitli imkanlara farklı düzeylerde erişebilmektedir (Sarkar ve diğerleri, 2024: 1392). Bölgesel eşitsizlik ile mekânsal eşitsizlik kavramları ölçek ve içerik bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Bölgesel eşitsizlik, ülkeler veya geniş coğrafi bölgeler arasındaki ekonomik gelişmişlik farklarına odaklanırken mekânsal eşitsizlik, mahalleler arası gelir, hizmetlere

erişim, yaşam kalitesi, dijital erişim ve sosyal adalet gibi daha mikro düzeydeki farklılıkları kapsamaktadır.

Günümüzde mekânsal eşitsizlik, dijitalleşme, küresel entegrasyon ve iş gücünün belirli bölgelerde yoğunlaşması gibi faktörlerle derinleşerek yalnızca ekonomik bir sorun olmaktan çıkmış, sosyal ve siyasi sonuçlar doğuran karmaşık bir krize dönüşmüştür (Bathelt, Buchholz ve Storper, 2024: 353).

2.4. Mekânsal Fırsat Yapısı

Galster ve Sharkey'e (2017:7-10) göre mekânsal fırsat yapısı; iş gücü, eğitim, sağlık, ulaşım, konut piyasaları ve sosyal ağlar gibi coğrafi olarak örgütlenen sistemlerin bireyin sosyoekonomik başarısını nasıl şekillendirdiğini açıklayan temel bir kavramdır. Mahalle, yerel yönetim ve metropol ölçeğinde işleyen bu yapı; güvenlik, eğitim kalitesi, ücret düzeyleri, iş imkanları ve sosyal çevre gibi unsurlar aracılığıyla eşitsizlik üretmektedir. Bireyin eğitim, yetenek ve becerileri tek başına yeterli olmayıp, yaşadığı çevrenin sunduğu fırsatlar bu niteliklerin ekonomik ve sosyal değere dönüşmesini belirlemektedir. Ayrımcı iş gücü piyasaları, yetersiz ulaşım olanakları veya düşük kaliteli eğitim kurumları bireysel potansiyelin aşınmasına neden olurken; mahalle temelli sosyal ağlar, akran grupları ve rol modeller bireylerin normlarını, beklentilerini ve yaşam tercihlerini şekillendirmektedir (Galster ve Sharkey, 2017:8-10). Teknolojik gelişmelerin ve kentler arası uzmanlaşmanın bölgeleri farklı biçimde etkilemesi ise ücret eşitsizliklerini ve ekonomik kutuplaşmayı artırarak mekânsal fırsat farklılıklarını daha görünür hale getirmektedir (Cuadrado-Roura, 2025; Li, Poon, Li ve Yu, 2024:55). Sonuç olarak mekânsal fırsat yapısı, avantajlı bölgelerde yaşayanların fırsatlarını güçlendirirken, dezavantajlı bölgelerde yaşayan bireyleri sosyoekonomik gerileme sarmalına sürükleyebilen merkezi bir eşitsizlik mekanizmasıdır.

3. Yöntem

Bu çalışma, dijitalleşmenin çalışanların mekânsal konumları üzerindeki etkilerini inceleyen nitel bir sistematik derlemedir. Araştırma soruları şu şekilde belirlenmiştir: (1) Dijitalleşme çalışanlara mekânsal olarak hangi eşitsizlikleri beraberinde getirmiştir? (2) Demografik bakımdan dijitalleşme hangi mekânsal eşitsizlikleri üretmektedir? Bu sorulara yanıt verebilmek amacıyla emek piyasası coğrafyası, dijital ekonomi, çalışma sosyolojisi ve mekânsal adalet alanlarında yayımlanmış ulusal ve uluslararası literatür sistematik biçimde taranmıştır.

Literatür taramasında Google Scholar, Google Labs, Web of Science ve Scopus veri tabanları başta olmak üzere "mekânsal eşitsizlik", "dijital bölünme", "uzaktan çalışma ve mekân", "platform ekonomisi ve eşitsizlik", "beceri yanlı teknolojik değişim", "demografik eşitsizlik ve dijitalleşme" anahtar terimleri kullanılmıştır. Elde edilen kaynaklar içerik analizi yöntemiyle değerlendirilerek tematik kategoriler oluşturulmuş ve bulgular araştırma sorularına göre yapılandırılmıştır. Çalışmada birincil veri toplanmamış olup mevcut ampirik bulgular ve kuramsal çerçeveler sentezlenmiştir.

4. Dijitalleşmenin Ortaya Çıkardığı Mekânsal Eşitsizlikler

Sanayileşme, mekânsal eşitsizliklerin ortaya çıkışında ve derinleşmesinde önemli bir etkidir. İmalat sanayi gibi üretim odaklı sektörler çevre bölgelere olumlu yayılma etkileri sağlayabilirken, hizmet ve dijital odaklı sektörlerin ağırlık kazanması bu yayılma etkisini zayıflatmakta ve bölgesel kutuplaşmayı artırmaktadır. Sanayi sonrası dönemde eşitsizliklerin temel eksenini, köy-kent ayrımı şeklinde iken artık kentler arası nitelik farklılıklarına kaymıştır (Li ve diğerleri, 2024: 55).

Bilgi ve iletişim teknolojileri, robotik sistemler ve yapay zekâ uygulamaları bir yandan verimlilik ve ekonomik fırsatlar yaratırken, öte yandan iş gücü piyasasında kutuplaşmayı artırmış ve servetin belirli kesimlerde yoğunlaşabileceğine dair kaygıların güçlenmesine neden olmuştur (Green, 2020: 10-12).

Kısacası dijitalleşme süreci, çalışma hayatını geleneksel mekânsal sınırlardan kurtarıırken, fırsatlara erişim, denetim mekanizmaları ve yaşam kalitesi açısından çalışanlar arasında yeni ve derin eşitsizlikler üretmiştir. Kaynaklar ışığında, çalışanların dijital ortamda karşılaştığı bu eşitsizlikleri şu başlıklar altında detaylandırabiliriz:

4.1. Dijital Bölünme: Altyapı, Erişim, Beceri ve Kullanım Hiyerarşisi

Dijital düzende ekonomik faaliyetlerin belirli merkezlerde yoğunlaşması, o bölgelerin hızla zenginleşmesine katkı sağlarken aynı teknolojik altyapıya sahip olamayan bölgeler geride kalmaktadır (Kemeny, Petralia ve Storper, 2025). Bölgeler, sektörler ve bireyler arasında farklılıktan ortaya çıkan eşitsizlik literatürde "dijital bölünme" (digital divide) olarak tanımlanmaktadır (Hüsnüoğlu ve Öztürk, 2017: 7). Dijital eşitsizlik yalnızca teknolojiye sahip olup olmama ile sınırlı değildir, teknolojiyi kullanma becerileri ve bu kullanımdan elde edilen somut faydalar da eşitsizliğin birer boyutunu oluşturmaktadır (Özsoy, 2020: 11). İnternete erişemeyenler (dijital eşitsizliğin birinci seviyesi), interneti "etkin" bir şekilde kullanamayanlar (dijital eşitsizliğin ikinci seviyesi) ve çevrimiçi deneyimi somut ve elle tutulur bir şeye dönüştüremeyen bireyler (dijital eşitsizliğin üçüncü seviyesi) ekonomik, politik, kültürel, kişisel ve sosyal alanlarda önemli fırsat kayıplarıyla karşı karşıya kalmaktadır (Ragnedda, 2018:2373).

Altyapı boyutunda, dijitalleşmenin temelini oluşturan fiber optik ağlar, 5G altyapısı ve veri merkezleri gibi yatırımlar bölgeler ve kentler arasında eşit dağılmamaktadır. Bu yatırımlar ağırlıklı olarak ekonomik potansiyeli yüksek merkezi bölgelerde yoğunlaşırken az gelişmiş bölgeler bu dönüşümün büyük ölçüde dışında kalmaktadır. Söz konusu dengesizlik, düşük gelirli bölgelerin dijital ekonomiden dışlanmasına ve çalışanların iş olanaklarına erişiminde dezavantaj yaratmasına neden olmaktadır (Bilgili, 2025: 4600; Çetin, Sezgin ve Doyar, 2025: 294). TÜİK (2025) verilerine göre, Türkiye'de en az 10 çalışmanı olan girişimlerin büyük çoğunluğu (%93,6) internete sabit hat üzerinden erişse de yalnızca %8,6'sı 1 Gbit/s ve üzeri yüksek hızlara ulaşabilmektedir. Bu veri, dijital altyapıya erişimin varlığına karşın kalite boyutunda ciddi farklılıklar bulunduğunu gözler önüne sermektedir.

Beceri boyutunda, ülkeler arasında bilgisayar ve internet kullanıcı sayısının birbirine yaklaşması dijital bölünmenin sona erdiği anlamına gelmemektedir. Kavram, yalnızca niceliksel değil, internetin kullanım amacı ve beceri düzeyini kapsayan niteliksel bir boyutu da içermektedir (Hüsnüoğlu ve Öztürk, 2017: 8). Kamu hizmetlerinin dijital ortama taşınmasıyla birlikte bu hizmetlere erişim doğrudan dijital cihazlara, internet bağlantısına ve dijital okuryazarlığa bağımlı hâle gelmiştir. Altyapının yetersiz olduğu ya da bireylerin dijital araçları kullanma yeterliliğine sahip olmadığı yoksul bölgelerde erişim sınırlı kalmaktadır (Bilgili, 2025: 4603). Ayrıca internetin büyük ölçüde İngilizce tabanlı yapısı, bu dilde yeterliliği sınırlı çalışanların dijital araçları etkin kullanmasını zorlaştırarak iş süreçlerine katılımı ek bir dezavantaj yaratmaktadır (Hüsnüoğlu ve Öztürk, 2017: 9).

Kurumsal düzeyde de dijital araçların kullanımı eşitsiz bir tablo sergilemektedir. TÜİK (2025) verilerine göre iş zekâsı (BI) yazılımı kullanımı yalnızca %6,5 düzeyinde olup bu oran 250 ve üzeri çalışana sahip firmalarda belirgin biçimde yükselmektedir. Ücretli bulut bilişim kullanımı büyük işletmelerde %54,3'e ulaşırken küçük işletmelerde oldukça sınırlı kalmaktadır. Büyük ölçekli ve teknoloji yoğun firmalarda çalışanlar gelişmiş dijital altyapı, uzaktan çalışma olanakları ve veri temelli yönetim sistemlerine erişebilirken küçük işletme çalışanları daha kısıtlı dijital imkânlarla yüz yüze gelmektedir. Bu tablo, dijital dönüşümün tüm çalışanlar için eşit fırsatlar üretmediğini açıkça ortaya koymaktadır.

4.2. Mesleki ve Beceri Temelli Mekânsal Ayrışma

Dijital dönüşüm, üretim süreçlerini köklü biçimde değiştirerek geleneksel fabrikaların yerini akıllı üretim sistemlerine bırakmasına zemin hazırlamıştır. Rutin işlerin azalmasıyla birlikte teknolojiyle uyumlu, dijital yetkinliklere ve bilişsel becerilere sahip nitelikli iş gücüne olan talep artmaktadır (Demiral, 2019: 193). Bu süreçte mavi yakalı işlerden beyaz yakalı ve

profesyonel mesleklere doğru bir kayış gözlenmektedir. Özellikle rutin ve tekrarlayan işlerin otomasyon, dijital makineler ve robotlar tarafından devralınması, hem mavi yakalı hem de bazı beyaz yakalı çalışanlar açısından işsizlik ve çalışma saatlerinin azalması riskini ortaya çıkarmaktadır. Buna karşılık işverenler açısından işgücü maliyetlerinin düşmesi ve verimliliğin artması söz konusu olmaktadır. Devletler açısından ise bir yandan ekonomik büyüme ve vergi gelirlerinde artış sağlarken diğer yandan işsizlik ve sosyal koruma ihtiyacını artıran çelişkili bir tablo yaratmaktadır (Green, 2020: 10-12; Demiral, 2019: 197).

Dijitalleşme çalışanlar arasında beceri temelli yeni bir mekânsal ayrışma da üretmektedir. Mekândan bağımsız çalışabilen ve yüksek gelir elde eden teknoloji odaklı iş gücü, dijital altyapısı güçlü kent merkezlerinde yoğunlaşırken fiziksel mekâna bağımlı düşük vasıflı çalışanlar daha kısıtlı imkânlarla sahip çevre alanlara yönelmektedir. Böylece kent merkezlerinde yüksek gelirli dijital bir elit tabaka oluşurken diğer çalışan grupları kentin çeperlerine doğru itilmekte yeni banliyöleşme biçimlerini ortaya çıkarmakta ve mekânsal ayrışma derinleşmekte "dijital soylulaştırma" (digital gentrification) olarak adlandırılan yeni bir eşitsizlik biçimini ortaya çıkarmaktadır. Algoritmik, altyapısal ve mesleki boyutları olan bu olgu, dijital varlıkların belirli sermaye grupları lehine değer kazanmasına, dijital girişimcilik alanlarında çalışan nitelikli iş gücü için önemli bir çekim merkezi hâline gelmesine ilk kullanıcıların dışlanmasına ve dijital platformların mevcut eşitsizlikleri yeniden üretmesine neden olmaktadır (Panchenko ve Oliinyk, 2025: 130).

4.3. Uzaktan Çalışma, Hibrit Modeller ve Yeni Denetim Mekanizmaları

Fiziksel ofis zorunluluğunun ortadan kalkmasıyla birlikte, her yerin potansiyel bir iş yeri olduğu yeni bir çalışma gerçekliği doğmuştur. İş, artık gidilen bir yer olmaktan çıkıp, her yerde ve her zaman gerçekleştirilebilen bir faaliyet haline gelmiştir (Felstead, 2012:31). Fiziksel temasın azaldığı bu yeni düzende, sadece çalışma mekânı değil; iş, mekân ve organizasyon arasındaki tüm sosyal ve kurumsal ilişkiler de kökten bir dönüşüm sürecine girmiştir (Halford, 2005: 19). Uzaktan çalışma yönetim literatüründe genellikle BİT'lerin bir sonucu olarak sunulsa da özünde yönetsel bir ilişkiye dayanan yeni bir iş örgütlenme biçimidir. Bu modelin savunucuları, özerklik ve esneklik kaynağı olarak değerlendirirken eleştirel yaklaşımlar çalışanların güvencesizleşme ve algoritmik denetim riski altında olduğunu öne çıkarmaktadır (Taskin ve Edwards, 2007: 196). Halford (2005: 31) tarafından yapılan araştırma, tam zamanlı evden çalışmanın bilinen olumsuzluklarının aksine, ofis ve ev alanlarının bir arada kullanıldığı hibrit modelin hem çalışanlar hem de yöneticiler için "kazan-kazan" durumu yarattığını savunmaktadır. Ofis mekânının korunması yüz yüze etkileşim ihtiyacını karşılarken, ev ortamının kullanımı bu modelde bir stres kaynağı olmaktan çıkmış, sanal iletişim taraflar arasında yeni ve "samimi" dijital alanlar açmıştır. Bu yeni samimiyet ortamı, yöneticilere farklı gözetim biçimleri sunsa da aynı zamanda her iki tarafın ev ortamları üzerinden daha üretici ilişkiler kurmasına ve bu durumun iş hayatındaki öznel deneyimleri olumlu yönde dönüştürmesine olanak tanımıştır.

Taskin ve Edwards'a (2007: 196-197) göre uzaktan çalışma, geleneksel denetimin sacayağı olan zaman, mekân ve eylem birliğini sarsmakta, yöneticinin çalışanı fiziksel olarak izleme imkânını ortadan kaldırmaktadır. "Mekândan kopuş" (despatialisation) olarak adlandırılan bu durum, iş süreçlerinin tek merkezden tanımlanmasını güçleştirmektedir. Bununla birlikte fiziksel denetimin azalması, kontrolün tamamen ortadan kalktığı anlamına gelmemektedir. Aksine, algoritmik yönetim ve dijital izleme araçları yeni denetim biçimlerini devreye sokmaktadır. Klavye vuruşu takibi, ekran kayıtları ve konum izleme gibi uygulamalar kesintisiz bir dijital gözetim ortamı yaratmaktadır. Ancak uzaktan çalışma, usta-çırak ilişkisiyle kazanılan örtük bilginin aktarımını zorlaştırabilmektedir. Süreç doğru yönetilirse hem bilgi iletimi hem de kolektif öğrenme açısından önemli fırsatlar sunabilmektedir (Taskin ve Edwards, 2007: 198-204).

Daha eleştirel bir boyutta, platform ekonomisi ve küresel iş gücü bağlamında "hayalet emek" (ghost work) olgusu öne çıkmaktadır. Düşük ücretlerle çalışan ve yapay zekâ sistemlerini besleyen bu kesim, sosyal güvenceden yoksun biçimde görünmez bir üretim sürecine dahil edilmektedir. Algoritmaların şeffaf olmayan kuralları altında faaliyet gösteren bireyler sürekli izlenme hissiyle "tekno-stres" yaşamakta ve iş süreçlerine yabancılaşmaktadır. Bu durum, "e-kölelik" olarak tanımlanan yeni bir sömürü biçimini gündeme getirmektedir (Tuncer ve Yolcuoğlu, 2026:425).

4.4. Akıllı Kentler, "Dijital Duvarlar" ve Mekânsal Uyumsuzluk

Akıllı kentler, teknolojinin sunduğu imkânlardan yararlanarak sürdürülebilirliği, verimliliği ve yaşam kalitesini yükseltmeyi amaçlamaktadır. Ancak bu teknolojik dönüşüm süreci, kentte yaşayan farklı sosyoekonomik gruplar arasındaki güç ilişkilerini ve eşitsizlik yapısını yeniden biçimlendirme riskini de barındırmaktadır (Duman, 2025: 231).

Mekânsal uyumsuzluk (spatial mismatch) kavramı, düşük gelirli çalışanların nitelikli işlerin bulunduğu merkezlerden hem fiziksel mesafe hem de yetersiz ulaşım ve dijital altyapı nedeniyle kopuk olmasını ifade etmektedir. Bu kopukluk, ilgili kesimlerin kariyer ilerlemesini yapısal olarak engellemektedir. Coğrafi bağlam, çalışanların hem iş bulma olanaklarını hem de iş tercihlerini biçimlendirmektedir. Düşük ücretli güvencesiz işler için uzun mesafeler kat etmek çoğu zaman tercih edilmemektedir. Bu nedenle yerel iş olanakları özellikle hareket kabiliyeti sınırlı bireyler (engelli birey, anne olma, kronik hastalığı olan bireyler, yaşlılık..vb) için kritik önem taşımaktadır. Araştırmalar, düşük becerili çalışanların daha kısa mesafelerde çalıştığını, tam zamanlı çalışanların ise daha uzun mesafeler kat ettiğini ortaya koymaktadır (Green, 2020). Konut piyasasındaki eşitsizlikler ve sosyal ağlara bağımlılık da bireylerin işlere yakın bölgelere taşınmasını güçleştirerek mekânsal uyumsuzluğu derinleştirmektedir.

Bilgi yayılımını sağlayan ağlar ve iyileştirilmiş altyapı projeleri, ekonomik merkezlerin sunduğu "sızıntı etkisi" sayesinde çevre bölgelerin gelişimini desteklese de bu ağların hiyerarşik yapısı aynı zamanda merkez-çevre kutuplaşmasını ve ücret eşitsizliklerini kalıcı hale getirebilmektedir. Sonuç olarak, yerel etkileşimlerin yarattığı yığılma gücü (ikinci doğa) ve sosyal medya gibi yeni nesil dijital etkileşim alanları hem kalkınma için fırsatlar sunmakta hem de henüz tam olarak çözülememiş yeni mekânsal eşitsizlik biçimleri üretmektedir (Wei, 2015:7).

5. Demografik Boyutuyla Dijitalleşmenin Mekânsal Eşitsizlikleri

Dijitalleşme mekânsal eşitsizlikleri yalnızca bölgesel veya sektörel düzeyde değil, demografik gruplar arasında da belirgin biçimde farklılaşmaktadır. Gençler, yaşlılar, kadınlar ve göçmenler bu eşitsizliklerden orantısız biçimde etkilenen başlıca gruplar arasında yer almaktadır. Ancak söz konusu grupların her biri kendi içinde heterojendir. Bireysel deneyim ve koşullar önemli ölçüde farklılaşmaktadır (Green ve diğerleri, 2013: 2).

5.1. Gençler

Düşük vasıflı işlerde görülen işsizlik ve eksik istihdam, gençlerin güvenli ve istikrarlı işlere erişimini zorlaştırmakta ve işsizlik döngüsü içinde kalmalarına neden olmaktadır. Özellikle gerekli mesleki ve iş bulma becerilerini geliştiremeyen gençler bu döngüden çıkmakta güçlük çekmektedir. Bunun yanında birçok üniversite mezunu da sahip olduğu bilgi ve becerilere uygun iş bulamamakta, nitelik gerektirmeyen işlerde çalışmak zorunda kalmaktadır (Green ve diğerleri, 2013: 2-3).

Gençlerin istihdam süreçleri yalnızca işgücü piyasası koşullarıyla değil, aynı zamanda dijital ve mekânsal eşitsizliklerle de doğrudan ilişkilidir. Gençler için dijital teknolojiler bilgiye erişim, eğitim, istihdam ve toplumsal katılım açısından kritik bir rol oynasa da sosyoekonomik farklılıklar, bölgesel gelişmişlik düzeyleri ve kamu hizmetlerine erişimdeki dengesizlikler gençler arasında belirgin bir dijital bölünmeye yol açmaktadır. Özellikle uzaktan eğitim sürecinde yaşanan cihaz ve internet erişimi sorunları ile dijital beceri eksikliği, bu eşitsizlikleri

daha da derinleştirmiştir (Açık ve Atan, 2025: 175). Bu durum, gençlerin dijital imkânlarla erişiminde mekânsal farklılıkların belirleyici olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, gençlerin dijital teknolojileri kullanabilmelerine rağmen bu becerileri istihdam fırsatlarına dönüştürmede yetersiz kalmaları, dijital dışlanmanın mekânsal eşitsizliklerle birlikte gençler üzerindeki etkisini güçlendirmektedir. Dijital dışlanma, bireylerin bilgi ve iletişim teknolojilerinden mahrum kalarak istihdam, kamusal alan ve demokratik süreçlerin dışında kalmasına yol açan sosyal dışlanmanın modern bir biçimi olarak değerlendirilmektedir. Türkiye’de gençler açısından bu durum, yalnızca teknolojiye erişim sorunu değil, aynı zamanda mekânsal olarak farklılaşan fırsat yapıları içinde toplumsal bütünleşmeyi zorlaştıran yapısal bir risk niteliği taşımaktadır (Açık ve Atan, 2025: 180; Green ve diğerleri, 2013: 115).

5.2. Yaşlı Çalışanlar

Yaşlı bireylerin istihdam edilebilirliği, sağlık (kişilerin çalışma yeteneğinin temeli), beceri ve yetkinlikleri (özellikle becerilerin güncellenmesi ihtiyacı, aynı zamanda uyum ve esneklik), motivasyonları ve hem işe dayalı hem de işe dayalı olmayan faktörler de dahil olmak üzere bir dizi faktörden etkilenmektedir. Yaşlı bireyler, yaş ayrımcılığı, iş bulma konusunda özgüven kaybı, sosyal sermaye kaybı veya gençlere kıyasla nispeten daha yüksek ücret maliyetleri gibi bir dizi faktör nedeniyle bu geçişte özellikle savunmasız kalmaktadır (Green ve diğerleri, 2013:3). Dijital eşitsizlik özellikle yaşlı bireyler açısından önemli bir dışlanma riski yaratmaktadır. Akıllı telefonlar ve dijital uygulamalar toplu taşıma ve paylaşımlı mobilite hizmetlerinin merkezine yerleşmiş olsa da bu teknolojilere sahip olmak onları etkili biçimde kullanabilmek anlamına gelmemektedir. Özellikle yaşlılar, dijital beceri eksikliği, teknolojik motivasyonun düşük olması, sağlık ve okuryazarlık sorunları gibi nedenlerle dijitalleşen ulaşım, sağlık sistemlerine, kamu hizmetleri, dijital iş ortamlarına erişimde daha kırılgan hale gelmektedir. Bunun yanında düşük gelir, düşük eğitim düzeyi ve kırsal yaşam gibi sosyo-ekonomik dezavantajlar da bu kırılganlığı derinleştirmektedir. Sonuç olarak dijitalleşme, çeşitli hizmetlere erişimi kolaylaştırırken aynı zamanda mevcut toplumsal eşitsizlikleri yeniden üreten ve özellikle yaşlı nüfusu daha fazla dışlanma riskiyle karşı karşıya bırakan bir sosyo-teknik süreç olarak ortaya çıkmaktadır (Durand ve diğerleri, 2022: 51).

5.3. Kadınlar

Mekânsal eşitsizlikler ve dijital dönüşüm süreçleri, kadınların işgücü piyasasındaki konumunu çok boyutlu biçimde etkilemektedir. Kadınların hane içindeki bakım sorumluluklarını büyük ölçüde üstlenmeleri, onların işgücü piyasasına katılımını sınırlandırmakta ve özellikle istihdamı destekleyici hizmetlere erişimde daha kırılgan hale gelmelerine yol açmaktadır. Çocuk, yaşlı ve aile bakımına ilişkin yükümlülükler, kadınların uzun mesafeli işlere erişim kapasitesini azaltırken yerel iş olanaklarına bağımlılıklarını da artırmaktadır. Bu durum, mekânsal eşitsizliklerin toplumsal cinsiyet temelinde yeniden üretilmesine neden olmaktadır. Ayrıca kadınların belirli sektör ve mesleklerde yoğunlaşması biçimindeki cinsiyet temelli ayrışma uzun yıllardır devam etmekle birlikte, kadınların yükseköğretime katılım oranlarının artması ve yasal düzenlemelerdeki iyileşmeler kadınların çalışma yaşamındaki konumlarında kısmi olumlu değişimler yaratmıştır (Green, 2020: 9; Green ve diğerleri, 2013: 48).

Dijitalleşme ve platform ekonomisinin yaygınlaşması ise kadınlar açısından çelişkili sonuçlar doğurmaktadır. Uzaktan çalışma ve esnek çalışma modelleri kadınlara zaman ve mekân açısından belirli avantajlar sunarken, ev içi emek ile ücretli emeğin iç içe geçmesi yeni eşitsizlik biçimlerini ortaya çıkarabilmektedir. Bunun yanında ataerkil toplumsal yapılar, belirli grupların hala dijital becerilere, yüksek nitelikli işlere ve profesyonel sosyal ağlara erişimini sınırlamaya devam etmektedir. Bu durum dijitalleşmenin, mekânsal eşitsizlikleri toplumsal cinsiyet boyutunda yeniden üreten bir süreç haline gelebildiğini göstermektedir (Israel ve

Frenkel, 2018: 659). Bu bağlamda dijital becerilerin geliştirilmesi, eğitim olanaklarının artırılması, aktif işgücü politikalarının güçlendirilmesi ve kapsayıcı örgüt kültürünün yaygınlaştırılması; kadınların, gençlerin ve yaşlıların istihdam edilebilirliğini artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır.

5.4. Göçmenler ve Azınlık Gruplar

Göçmenler, dijitalleşmenin mekânsal eşitsizliklerinden özellikle olumsuz etkilenen bir gruptur. Dil engeli, dil becerisine dayalı dijital araç kullanımını zorlaştırmakta, yasal statü belirsizliği bu kesimlerin dijital hizmetlere ve kamu programlarına erişimini kısıtlamaktadır. Akıllı güvenlik ve yüz tanıma teknolojileri, göçmen gruplar ve düşük gelirli mahallelerde daha yoğun biçimde uygulanmaktadır. Bu durum teknolojiyi bir sosyal ayrımcılık aracına dönüştürebilmektedir (Duman, 2025: 231).

İstihdam edilebilirlik göçmenler açısından da kritik bir mesele olup iş gücü piyasasına başarılı geçiş, istihdamda kalabilme ve ilerleyebilme güçlükleri bu grubun temel sorunları arasında sayılmaktadır (Green ve diğerleri, 2013). Coğrafi bağlamın hareket kabiliyeti sınırlı göçmenler üzerindeki kısıtlayıcı etkisi ile sosyal ağların ve aile bağlarının kopma riski, mekânsal uyumsuzluk sorununu bu grup için daha da ağırlaştırmaktadır (Green, 2020).

5.5. Türkiye Bağlamı: Demografik ve Mekânsal Eşitsizliklerin Kesişimi

Türkiye'de nüfusun mekânsal dağılımındaki eşitsizlik, özellikle 1960 sonrasında belirginleşmiştir. İç ve dış göçler, doğurganlık hızlarındaki farklılıklar ve bölgeler arası gelişmişlik farkları, nüfusu belirli kentlerde yoğunlaştırırken kırsal alanları giderek seyrekletmiştir (Yakar, 2010: 72). Adrese dayalı kayıt sisteminin konut piyasasını eğitim kalitesiyle doğrudan ilişkilendirmesi, ekonomik gücü olan ailelerin nitelikli okul çevrelerinde kümelenmesine, düşük gelirli ailelerin ise kısıtlı bölgelerdeki okullara mecbur kalmasına yol açmaktadır. Bu "okul bölgeleri arası ayrışma", eğitimdeki fırsat eşitsizliğinin mekânsal bir yansıması olarak değerlendirilebilir (Galster ve Sharkey, 2017: 3).

Bölgesel gelişmişlik farkları, çalışanların dijital iş olanaklarına erişimini ve ücretlerin reel değerini doğrudan etkilemektedir. Farklı sosyoekonomik gelişmişlik düzeyine sahip bölgelerde aynı nominal ücrete sahip çalışanlar, yaşam maliyetleri ve dijital hizmetlere erişim imkânlarındaki farklılıklar nedeniyle birbirinden farklı refah düzeylerine sahip olmaktadır (Çınar, 2026: 5). Dijital dönüşümün bölgesel boyutuna ilişkin TÜİK verileri (2025), bu eşitsizliğin hem ölçek hem de mekân temelli olduğunu ve farklı demografik grupları orantısız biçimde etkilediğini ortaya koymaktadır. Dijitalleşmiş bir toplumda, yalnızca fiziksel olarak erişime sahip olmak değil, aynı zamanda dijital alanda güvenle hareket edebilmek ve bundan en iyi şekilde yararlanabilmek de hayati önem taşımaktadır (Ragnedda, 2018:2373).

6. Mekânsal Eşitsizliklere Karşı Politika Önerileri

Dijitalleşmenin çalışanlar üzerindeki mekânsal eşitsizliklerini gidermek, çok boyutlu ve birbiriyle uyumlu politikaların hayata geçirilmesini gerektirmektedir. Mekânsal eşitsizlikle mücadele, yalnızca teknolojik veya ekonomik bir mesele olmayıp yerel kapasiteyi güçlendiren, sosyal adaleti planlamanın merkezine koyan ve "kimsenin geride kalmadığı" kapsayıcı bir yönetim anlayışını zorunlu kılmaktadır.

6.1. Yer Temelli (Place-Based) ve Kapsayıcı Stratejiler

Mekânsal eşitsizlikle mücadelede yalnızca genel gelir transferleri veya refah yardımları yapmak yeterli görülmemektedir. Bunun yerine bölgelerin kendi varlıkları ve dinamikleri üzerine inşa edilen duyarlı politikalara, kapsayıcı büyüme (inclusive growth) anlayışına ve yerel iş gücünün temel becerilerini geliştirmeye yönelik stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bölgesel kalkınma politikaları faydalı olabilmekle birlikte "nerede, ne kadar ve nasıl yatırım yapılacağı" meselesi kritik önemini korumaktadır. Yanlış kaynak dağılımı eşitsizlikleri azaltmak yerine farklı biçimlerde yeniden üretebilir Avrupa Birliği'nin Bölgesel Kalkınma Fonu ve Uyum Fonu gibi programlar, geri kalmış bölgelere yönelik altyapı, ulaşım, enerji ve

inovasyon yatırımları aracılığıyla bu dengesizlikleri gidermeye çalışmaktadır (Chan ve diğerleri, 2025: 37-42).

6.2. Dijital Bölünmeyi Azaltmaya Yönelik Stratejiler

BİT altyapı yatırımlarının (fiber optik, geniş bant vb.) dezavantajlı mahalle ve illere de eşit biçimde yönlendirilmesi tek başına yeterli değildir. Dijital eşitsizlikten etkilenmesi muhtemel grupların sosyal çevre ile de bağlantılarının olmaması dijital dışlanmayı derinleştirmektedir. Sosyal sermayesi düşük gruplara öncelik verilerek dijital okuryazarlık ve teknolojiyi faydaya dönüştürme becerisinin kazandırılması da elzemdir. Gençler, kadınlar, yaşlılar, düşük gelirli ve göçmenler gibi dijital hizmetlerden dışlanma riski taşıyan gruplar için kapsayıcı programlar geliştirilmeli ve erişilebilirlik güvence altına alınmalıdır (Açık ve Atan, 2025: 180).

6.3. Akıllı Kentler ve Mekânsal Adalet

Akıllı kent teknolojileri, kentsel hizmetlerin verimliliğini artırma, kaynak kullanımını iyileştirme ve karar alma süreçlerini hızlandırma potansiyeline sahip olsa da, bu dönüşümün sosyal ve mekânsal boyutları dikkate alınmadığında eşitsizlikleri derinleştirme riski ortaya çıkmaktadır. Veri güvenliği, teknik altyapı ve dijital erişim farklılıkları, akıllı kent uygulamalarının adil biçimde yayılmasını sınırlayabilmektedir. Bu nedenle dijital dönüşümün yalnızca teknolojik başarıyla değil, toplumsal kapsayıcılık, katılım, şeffaflık ve mekânsal adalet ilkeleriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle dezavantajlı grupların dijital hizmetlere erişiminin güçlendirilmesi, vatandaş katılımının artırılması ve dijital altyapının kent içinde dengeli dağıtılması, akıllı kentlerin daha demokratik ve adil bir yapıya kavuşması açısından önemli görülmektedir. Sonuç olarak, akıllı kentlerin geleceği yalnızca teknolojik gelişime değil, aynı zamanda sosyal adalet ve eşitlik odaklı bir yönetim anlayışına dayanmalıdır (Duman, 2025:238, 239).

6.4. İstihdam ve Çalışma Koşullarının Düzenlenmesi

Dijital teknolojiler ve platformlaşma süreçleri, çalışma yaşamını yalnızca “gig ekonomisi” ya da platform emeğiyle sınırlı olmayan daha geniş bir dönüşüme uğratmaktadır. Richardson’a (2021) göre dijitalleşme, ofislerin fiziksel mekânını farklı aktörlerin esnek biçimde koordine olduğu alanlara dönüştürürken, çalışma biçimlerini de tek bir şirkete bağlı sabit yapılardan uzaklaştırmaktadır (Richardson, 2021:350, 360). Bu dönüşüm, işin zaman ve mekân açısından daha bireyselleşmiş ve esnek biçimde örgütlenmesine yol açarken, iş-yaşam ayrımını da zayıflatmaktadır. Dijital dönüşüm aynı zamanda mekânsal eşitsizlikleri yeniden şekillendirerek işgücü piyasasında yeni hareketlilik biçimleri yaratmakta; işverene fiziksel yakınlık önemini kaybederken, gelişmiş dijital altyapıya sahip akıllı kentler nitelikli işgücünü ve dijital girişimcileri çeken merkezler haline gelmektedir (Panchenko ve Oliinyk, 2025:130). Uzaktan çalışma, serbest çalışma ekonomisi ve çoklu yerleşim biçimlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte çalışma ilişkilerinde bağımsızlık, karşılıklı bağımlılık ve denetim mekanizmaları yeniden tanımlanmaktadır (Richardson, 2021:360). Bu nedenle istihdam ve çalışma koşullarının düzenlenmesinde, dijital platformların yarattığı yeni mekânsal ve ekonomik ilişkilerin dikkate alınması gerekmektedir.

6.5. Veri Odaklı Mekânsal İzleme ve Analiz

Veri odaklı mekânsal izleme ve analiz süreçleri, bilgi ağları ve gelişmiş altyapılar aracılığıyla çevre bölgelerin kalkınmasını destekleme potansiyeline sahip olsa da, bu ağların hiyerarşik yapısı merkez-çevre ayrımını ve ücret eşitsizliklerini kalıcı hale getirebilmektedir. Yerel yığılma ekonomileri ve sosyal medya gibi dijital etkileşim alanları, kalkınma fırsatları yaratırken aynı zamanda yeni mekânsal eşitsizlik biçimleri de üretmektedir (Wei, 2015:7). Bu nedenle mekânsal eşitsizliklerin doğru biçimde izlenmesi ve yönetilmesi için araştırmacılar, uygulayıcılar ve politika yapıcılar arasında ortak kavram ve yöntemlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle düşük ve orta gelirli bölgelerde, veri temelli analizlerin kentsel planlama ve halk sağlığı, eğitimi gibi politikalarında daha kapsayıcı ve sürdürülebilir müdahaleler geliştirilmesine katkı sağlayacağı belirtilmektedir (Favarão Leão vd., 2025:13).

7. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma, dijitalleşmenin çalışanlar açısından yarattığı mekânsal eşitsizlikleri iki araştırma sorusu ekseninde sistematik bir literatür taraması ve içerik analizi aracılığıyla incelemiştir.

Birinci araştırma sorusuna yanıt olarak dijitalleşmenin çalışanlar için beş temel mekânsal eşitsizlik ürettiği tespit edilmiştir. Birincisi, BİT altyapısının bölgeler ve ölçekler arasındaki eşitsiz dağılımından kaynaklanan dijital bölünmedir. Bu bölünme yalnızca erişim değil, beceri ve kullanımdan elde edilen fayda bakımından da kendini göstermektedir. İkincisi, yüksek nitelikli dijital iş gücünün kent merkezlerinde, düşük becerili çalışanların ise çevre bölgelerde yoğunlaşmasıyla belirginleşen beceri temelli mekânsal ayrışmadır. Üçüncüsü, uzaktan çalışma ve platform ekonomisinin ürettiği yeni denetim mekanizmaları ve "e-kölelik" tartışmasıdır. Dördüncüsü, akıllı kent uygulamalarının merkezi bölgelerde yoğunlaşarak "dijital duvarlar" inşa etmesiyle derinleşen mekânsal uyumsuzluktur. Beşincisi ise mekânsal fırsat yapısının, bireylerin beceri ve niteliklerinin değere dönüşmesinde belirleyici bir filtre işlevi görmesiyle ortaya çıkan, kuşaklar arası süreklilik kazanan eşitsizlik sarmalıdır.

İkinci araştırma sorusuna yanıt olarak demografik grupların dijitalleşmenin mekânsal eşitsizliklerinden orantısız biçimde etkilendiği saptanmıştır. Gençler, dijital bölünmenin eğitim ve istihdam açısından yaşam boyu sonuçlar doğuran yapısal risklerine maruz kalmaktadır. Yaşlı çalışanlar, dijital araçlara uyumda yaşadıkları güçlükler ve yaş ayrımcılığı nedeniyle iş gücü piyasasında giderek daha kırılabilir bir konuma sürüklenmektedir. Kadınlar, bakım yükümlülükleri ve ataerkil toplumsal yapılar nedeniyle hem yerel iş olanaklarına bağımlılıkları hem de dijital platforma katılımlarındaki engeller bakımından çifte dezavantajla karşı karşıyadır. Göçmenler ve azınlık gruplar ise dil engeli, yasal statü belirsizliği ve algoritmik gözetimin yoğunlaşması nedeniyle mekânsal dışlanmanın en derinden yaşadığı kesimler arasında yer almaktadır.

Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin mekânsal engelleri tamamen ortadan kaldırmadığını, aksine mevcut eşitsizlikleri yeni biçimlerde yeniden ürettiğini ve derinleştirdiğini göstermektedir. Fiziksel mekân, dijitalleşmeye karşı belirleyici olmayı sürdürmekte ve mekânsal fırsat yapısı istihdama erişimde temel bir etken olarak işlev görmektedir. Bu nedenle yalnızca teknolojik altyapıya yatırım yapmak yeterli olmayıp yer temelli politikalarla dijital becerilerin yaygınlaştırılması, kapsayıcı istihdam olanaklarının geliştirilmesi ve mekânsal adaletin güvence altına alınması büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde dijitalleşen dünyada belirli çalışan grupları ve bölgeler için toplumsal dışlanma riski kalıcı bir yapıya bürünebilecektir.

Bu çalışmanın başlıca kısıtlılığı, birincil veri toplanmaması ve ağırlıklı olarak Batı literatürüne dayanmasıdır. Gelecek araştırmalar için Türkiye'nin farklı bölgelerindeki çalışanlarla gerçekleştirilecek karma yöntemli saha çalışmaları, dijitalleşmenin mekânsal eşitsizlikleri üzerindeki yerel dinamikleri daha ayrıntılı biçimde ortaya koyacaktır. Ayrıca dördüncü sanayi devriminin (yapay zekâ, otomasyon) mekânsal eşitsizlikler üzerindeki uzun vadeli etkileri, mevcut bölgesel uçurumları derinleştirme ya da dönüştürme potansiyeli bakımından önemli bir araştırma gündemine işaret etmektedir.

Kaynakça

- Açık, A. ve Atan, M. (2025). Dijitalleşme ve gençlik: Erişim eşitsizliği ve sosyal politika yaklaşımları. *Journal of Management & Labor / Yönetim ve Çalışma Dergisi*, 9(2).
- Arslan, M. E. (2013). *Mekansal eşitsizlik* (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Başarmak, H. I. B. ve Öktem, M. K. (2019). Küreselleşme sürecinde kentselliğin dönüşümü: Toplumsal, teknolojik ve mekânsal süreçler üzerine bir inceleme. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(2), 284-300.
- Bathelt, H., Buchholz, M. ve Storper, M. (2024). The nature, causes, and consequences of inter-regional inequality. *Journal of Economic Geography*, 24(3), 353-374.
- Bilgili, F. F. (2025). Ağ toplumunda yeni kentsel eşitsizlikler: Manuel Castells'in ağ toplumu kuramı üzerinden bir analiz. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 60(4), 4595-4610.
- Chan, J., Ellingsen, S. ve Simpson, H. (2025). Spatial inequality, regional growth, and economic geography (Staff Working Paper No. 1,152). Bank of England.
- Cuadrado-Roura, J. R., Kourtit, K. ve Nijkamp, P. (2025). Spatial disparities, convergence and economic development: A global and local orientation. *The Annals of Regional Science*, 74(3), 83, 1-19.
- Çetin, D., Sezgin, A. ve Doyar, B. V. (2025). Türkiye'de il düzeyinde dijital bölünme: Mekânsal bir analiz. *Ekonomik Yaklaşım*, 36(136).
- Çınar, F. (2026). Sosyoekonomik eşitsizlikler ve işgücü piyasası dinamikleri perspektifinden kırsal-kentsel ayrımı temelinde Türkiye'de bölgesel asgari ücret politikası: Bir model önerisi. *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 8.
- Demiral, G. (2019). Endüstri 4.0'ın insan kaynaklarına yönelik etkileri: Teknolojik değişim farkındalığı üzerine bir araştırma. *EKEV Akademi Dergisi*, (80), 191-208.
- Drozd, M. (2014). Spatial inequalities, "neoliberal" urban policy and the geography of injustice in London. *Justice spatiale = Spatial justice*, 6. <https://shs.hal.science/halshs-01512554/>
- Duman, N. (2025). Akıllı kent uygulamalarının sosyal eşitsizlikler bağlamında değerlendirilmesi. *Kent Akademisi*, 18 (Uluslararası Girişimcilik Sosyal Bilimler Kongresi Özel Sayısı), 231-244.
- Durand, A., Zijlstra, T., Van Oort, N., Hoogendoorn-Lanser, S. ve Hoogendoorn, S. (2022). Access denied? Digital inequality in transport services. *Transport Reviews*, 42(1), 32-57.
- Favarão Leão, A. L., Gierbolini-Rivera, R. D., Franco Silva, M., Shaw, C., O'Connor, Á., Salvo, D., & Siqueira Reis, R. (2025). Spatial indicators of inequity in urban health research: a scoping review. *Discover public health*, 22(1), 27.
- Felstead, A. (2012). Rapid change or slow evolution? Changing places of work and their consequences in the UK. *Journal of Transport Geography*, 21, 31-38.
- Galster, G. ve Sharkey, P. (2017). Spatial foundations of inequality: A conceptual model and empirical overview. *RSF: The Russell Sage Foundation Journal of the Social Sciences*, 3(2), 1-33.
- Green, A. (2020). Spatial inequalities in access to good work. *Work Foundation Centenary Provocation Papers*, Lancaster University Management School.
- Green, A., De, H. M., Barnes, S. A., Owen, D., Baldauf, B. ve Behle, H. (2013). Literature review on employability, inclusion and ICT, Report 1: The concept of employability, with a specific focus on young people, older workers and migrants.
- Halford, S. (2005). Hybrid workspace: Re-spatialisations of work, organisation and management. *New Technology, Work and Employment*, 20(1), 19-33.
- Hüsnüoğlu, N. ve Öztürk, L. (2017). Dijital bölünme: Nedenleri ve türleri. *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(5), 6-21.
- Israel, E. ve Frenkel, A. (2018). Social justice and spatial inequality: Toward a conceptual framework. *Progress in Human Geography*, 42(5), 647-665.
- Kemeny, T., Petralia, S. ve Storper, M. (2025). Disruptive innovation and spatial inequality. *Regional Studies*, 59(1), 2076824.

- Lefebvre, H. (2007). *The production of space*. Blackwell Publishing.
- Li, J., Poon, J., Li, Y. ve Yu, H. (2024). How manufacturing and service industries affect regional inequality? Evidence from China. *The Annals of Regional Science*, 73(1), 31-59.
- Özsoy, D. (2020). Dijital bölünme düzeylerine dair literatür analizi. M. Figan ve Y. Dede Özdemir (Ed.), *Dijital kültür, dijital eşitsizlikler ve yaşlanma içinde*. Alternatif Bilişim.
- Panchenko, V. ve Oliinyk, K. (2025). Digital gentrification as a sign of new inequality in the conditions of socio-spatial transformations. *Actual Problems of International Relations*, 1(163), 124-133.
- Ragnedda, M. (2018). Conceptualizing digital capital. *Telematics and informatics*, 35(8), 2366-2375.
- Richardson, L. (2021). Coordinating office space: Digital technologies and the platformization of work. *Environment and Planning D: Society and Space*, 39(2), 347-365.
- Sarkar, S., Cottineau-Mugadza, C. ve Wolf, L. J. (2024). Spatial inequalities and cities: A review. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 51(7), 1391-1407.
- Taskin, L. ve Edwards, P. (2007). The possibilities and limits of telework in a bureaucratic environment: Lessons from the public sector. *New Technology, Work and Employment*, 22(3), 195-207.
- Tuncer, E., ve Yolcuoğlu, İ. G. (2026). Dijital Leviathan'ın Gölgesinde Sosyal Bilimler: Hayalet Emek ve Hak Temelli Dönüşüm. *İmgelem*, (18), 425-446.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Girişimlerde bilişim teknolojileri kullanım istatistikleri. <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54012> (Erişim Tarihi: 03.05.2026)
- Wei, Y. D. (2015). Spatiality of regional inequality. *Applied Geography*, 61, 1-10.
- Yakar, M. (2010). Türkiye'de nüfusun mekânsal dağılımının eşitsizlik endeksleriyle analizi. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(2), 60-75.

SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂYA GÜVEN: BELİRLEYİCİLER, RİSKLER VE ETİK TARTIŞMALAR

Semiha YAZAR

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sağlık Kuruluşları İşletmeciliği Anabilim Dalı,

semiha.turkis.yazar@gmail.com

ORCID: 0009-0001-1482-7952

Prof. Dr. Yılmaz DAŞLI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü,

ydasli@cumhuriyet.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6569-1103

ÖZET

Araştırmanın problemi: Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının giderek yaygınlaşması, tanı, tedavi ve sağlık yönetimi süreçlerinde önemli dönüşümlere yol açmaktadır. Bununla birlikte bu teknolojilerin sağlık sistemlerine entegrasyonu güven, etik ve sorumluluk gibi çeşitli tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Özellikle yapay zekâ temelli karar süreçlerinde oluşabilecek önyargılar, veri güvenliği ve mahremiyet konuları sağlık hizmetlerinde bu teknolojilere duyulan güveni etkileyen önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Bu durum sağlık alanında yapay zekâya duyulan güvenin belirleyicilerinin incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Araştırmanın Amacı: Bu çalışmanın amacı, sağlık hizmetlerinde yapay zekâya duyulan güveni etkileyen faktörleri literatür temelinde incelemek ve yapay zekâ uygulamalarının ortaya çıkarabileceği riskler ile etik tartışmaları değerlendirmektir.

Araştırmanın Yöntemi: Çalışma **sistemik derleme niteliğinde** olup nitel araştırmalarda önemli bir veri toplama yöntemi olan **doküman analizi** kullanılmıştır. Bu kapsamda sağlık hizmetlerinde yapay zekâya güven konusunu ele alan ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar incelenmiştir. Araştırma sürecinde Web of Science, Scopus, Google Scholar ve PubMed veri tabanlarında yer alan ilgili çalışmalar değerlendirilmiş; elde edilen veriler tematik analiz yöntemi çerçevesinde sınıflandırılarak yorumlanmıştır.

Araştırmanın Bulguları: Literatür incelemesi, sağlıkta yapay zekâya duyulan güvenin bireysel faktörler (dijital sağlık okuryazarlığı ve teknolojiye aşinalık), teknolojik faktörler (sistem doğruluğu ve şeffaflık) ve kurumsal faktörler (veri güvenliği politikaları ve düzenleyici çerçeveler) tarafından şekillendiğini göstermektedir. Ayrıca yapay zekâ temelli karar süreçlerinde oluşabilecek önyargıların güven algısını etkileyebileceği belirlenmiştir.

Araştırmanın Sonucu: Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarının etkin ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi için güven temelli bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda veri güvenliğinin güçlendirilmesi, etik ilkelerin belirlenmesi ve dijital sağlık okuryazarlığının artırılması büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Sağlık Hizmetleri, Güven, Etik ve Dijital Sağlık Okuryazarlığı.

Jel Kodları : I1

TRUST IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTHCARE: DETERMINANTS, RISKS AND ETHICAL DEBATES

Semiha YAZAR

Sivas Cumhuriyet University, Institute of Social Sciences, Department of Healthcare Management

semiha.turkis.yazar@gmail.com

ORCID: 0009-0001-1482-7952

Prof. Dr. Yılmaz DAŞLI

Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Health Sciences, Department of Health Management

ydasli@cumhuriyet.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6569-1103

ABSTRACT

Research problem: The increasing use of artificial intelligence technologies in healthcare is leading to significant transformations in diagnosis, treatment and health management processes. However, the integration of these technologies into healthcare systems also raises various debates concerning trust, ethics and accountability. In particular, potential biases in AI-based decision-making processes, as well as data security and privacy concerns, are key factors influencing trust in these technologies within healthcare. This necessitates an examination of the determinants of trust in AI within the healthcare sector.

Research Objective: The aim of this study is to examine the factors influencing trust in artificial intelligence in healthcare based on the literature and to assess the risks and ethical debates that AI applications may raise.

Research Method: This study is a **systematic review** and utilises **document analysis**, a key data collection method in qualitative research. Within this scope, national and international academic studies addressing the issue of trust in artificial intelligence in healthcare were examined. During the research process, relevant studies found in the Web of Science, Scopus, Google Scholar and PubMed databases were evaluated; the data obtained were classified and interpreted within the framework of thematic analysis.

Research Findings: The literature review indicates that trust in artificial intelligence in healthcare is shaped by individual factors (digital health literacy and familiarity with technology), technological factors (system accuracy and transparency), and organisational factors (data security policies and regulatory frameworks). It has also been established that biases arising in AI-based decision-making processes may influence perceptions of trust.

Research Conclusion: To ensure the effective and sustainable use of AI applications in healthcare, a trust-based approach must be developed. In this regard, strengthening data security, establishing ethical principles and enhancing digital health literacy are of paramount importance.

Keywords: Artificial Intelligence, Healthcare, Trust, Ethics and Digital Health Literacy.

Jel Codes: I1

1. Giriş

Sağlık sistemlerinde son yıllarda hız kazanan dijitalleşme süreci, sağlık verilerinin hacminde ve çeşitliliğinde önemli bir artışa yol açmıştır. Elektronik sağlık kayıtları, tıbbi görüntüleme verileri, bireylerin klinik geçmişine ilişkin bilgiler ve giyilebilir sensörler aracılığıyla elde

edilen sürekli veri akışı, sağlık alanında büyük veri ekosisteminin oluşmasına zemin hazırlamıştır. Bu verilerden anlamlı ve işlevsel çıktılar elde edebilme ihtiyacı, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonunu hızlandırmıştır. Günümüzde yapay zekâ uygulamaları; klinik karar destek sistemlerinden biyomedikal araştırmalara, halk sağlığı uygulamalarından sağlık yönetimine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Demografik dönüşümler ve sağlık sistemleri üzerindeki yapısal baskılar da yapay zekâ teknolojilerinin önemini artırmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşam süresinin uzaması, doğurganlık oranlarının düşmesi ve buna bağlı olarak yaşlı nüfusun artması, sağlık hizmetlerine olan talebi önemli ölçüde yükseltmektedir. Bunun yanı sıra kronik hastalıkların yaygınlaşması, sağlık hizmetlerinde eşitsizliklerin derinleşmesi ve sağlık personeli yetersizliği gibi sorunlar, mevcut sistemlerin sürdürülebilirliğini zorlamaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ teknolojilerinin, sağlık hizmetlerinin etkinliğini ve verimliliğini artırarak bu yapısal sorunların azaltılmasına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu yalnızca teknik bir dönüşüm değil, aynı zamanda etik, sosyal ve yönetsel boyutları olan çok katmanlı bir değişimi beraberinde getirmektedir. Özellikle tanı ve tedavi süreçlerinde yapay zekâ temelli sistemlerin kullanılması, karar alma mekanizmalarının doğasını dönüştürmekte; bu durum ise güven, hesap verebilirlik ve sorumluluk gibi temel kavramların yeniden tartışılmasını gerektirmektedir. Yapay zekâ algoritmalarının veri setlerine dayalı olarak çalışması, bu sistemlerde ortaya çıkabilecek önyargı (bias) riskini artırmakta; veri güvenliği ve mahremiyet konuları ise hem bireyler hem de kurumlar açısından kritik bir önem taşımaktadır. Bu tür riskler, sağlık hizmetlerinde yapay zekâyâ duyulan güvenin belirleyici unsurları arasında yer almaktadır.

Sağlık hizmetleri, doğası gereği yüksek risk içeren ve doğrudan insan yaşamını etkileyen bir alan olması nedeniyle güven olgusunun merkezi bir konumda bulunduğu bir sektördür. Geleneksel sağlık hizmetlerinde dahi kriz dönemlerinde ortaya çıkan belirsizlikler, bireylerde endişe ve güvensizlik yaratabilmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ gibi karmaşık ve çoğu zaman “kara kutu” olarak nitelendirilen teknolojilerin sağlık sistemlerine entegrasyonu, güven meselesini daha da kritik hale getirmektedir. Nitekim dünya genelinde birçok ülke, yapay zekâ uygulamalarına ilişkin güvenlik, gizlilik, etik ve hesap verebilirlik boyutlarını düzenlemeye yönelik hukuki çerçeveler geliştirmektedir. Ancak bu düzenlemelerin uluslararası düzeyde bütüncül ve standart bir yapıya kavuşmamış olması, uygulamada çeşitli belirsizlikler ve tutarsızlıklar doğurabilmektedir.

Bu çerçevede sağlık hizmetlerinde yapay zekâyâ duyulan güvenin hangi faktörler tarafından şekillendiğinin ortaya konulması önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Mevcut literatür, bireylerin teknolojiye aşinalığı ve dijital sağlık okuryazarlığı gibi bireysel faktörlerin; sistem doğruluğu ve algoritmik şeffaflık gibi teknolojik özelliklerin; veri güvenliği politikaları ve düzenleyici mekanizmalar gibi kurumsal unsurların bu güveni belirleyen temel bileşenler olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte yapay zekâ temelli karar süreçlerinde ortaya çıkabilecek önyargılar ve etik ikilemler, güven algısını zayıflatabilecek önemli risk alanları olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, sağlık hizmetlerinde yapay zekâyâ duyulan güveni etkileyen faktörleri sistematik bir literatür incelemesi temelinde analiz etmek ve yapay zekâ uygulamalarının ortaya çıkarabileceği etik, sosyal ve yönetsel riskleri değerlendirmektir. Bu doğrultuda çalışma, farklı veri tabanlarında yer alan ulusal ve uluslararası akademik araştırmaları tematik analiz yöntemiyle inceleyerek, sağlıkta yapay zekâ kullanımına ilişkin güven dinamiklerini bütüncül bir çerçevede ortaya koymayı hedeflemektedir. Böylelikle

çalışma, hem literatüre kavramsal bir katkı sunmayı hem de sağlık politikaları ve uygulamaları açısından yol gösterici öneriler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

2. Sağlıkta Yapay Zekâ Uygulamaları

“YZ, insan benzeri bilişsel süreçleri taklit edebilen algoritmalar bütünü olarak tanımlanmaktadır” (Asan vd., 2020). Yapay zekâ algoritma temelli verilerin hızlı olarak analiz edilmesi, bilgilere, sonuçlara ve başka çıktılara dönüştürülmesi için talimatları içeren algoritmaların bilgisayar kodlarına dönüştürülmesidir. Sağlık alanında oluşan büyük miktardaki verileri hızlı bir şekilde analiz edebilme yeteneği yapay zekâyı besleyen gerekli unsurlardır. Sağlık alanında yapay zekâ teknolojileri radyoloji, dijital patoloji, acil tıp, klinik araştırmalarda önemli gelişmelere katkı sağlamıştır. Yapay zekâ sağlık çalışanlarının hata yapmasını önleme, gerekli bakımı sunmaya, karmaşık vakaları çözmeye olanak sağlamaktadır (WHO, 2021).

YZ uygulamaları sağlık sektöründe birçok alanda gelişim göstermeye devam etmektedir. Avrupa Parlamentosu (AP) Araştırma Servisi Bilimsel Öngörü Birimi Bilim ve Teknolojinin Geleceği Panelinde yapay zekânın uygulama alanları dört grupta incelenmiştir (EPRS, 2022). Yapay zekânın uygulama alanları ile ilgili bazı örnekler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

1. **Klinik uygulama:** YZ klinik uygulamalarda tanı ve tedavi için, klinik araştırmalarda önemli rol oynamaktadır.

Radyoloji, YZ alanında önemli gelişmelerin yaşandığı uzmanlık alanlarından biridir. Derin ağ modelleri kullanarak radyologların gözünden kaçması muhtemel olan durumlarda anatomik yapıların veya lezyonların sınırlarının çizilmesi ve tespit edilebilmesini sağlamaktadır (Ala ve Aslan, 2025).

Dijital patoloji, dijitalleştirilmiş görüntüleri analiz etmek için yapay zekâ temelli yaklaşımları ifade etmektedir. Yapay zekâ onkologların ve patologların işlerinin kolaylaştırılmasına katkı sağlamaktadır. Çeşitli görüntüleri işleme ve sınıflandırma işlerinde hastanın tedaviye yanıtını tahmin etmek gibi testlerin kullanılmasında YZ'dan faydalanılmaktadır (Bera vd., 2019).

Acil tıp, tıbbi durumların aciliyetine göre hastaya müdahalenin önceliklendirilmesinde ve hastaların iyileştirilmesinde semptomları, yaşamsal bulguları ve tıbbi geçmişi analiz ederek kötüleşme riski taşıyan durumları tespit etmede ve hızlı karar vermede yapay zekâdan faydalanılmaktadır (Rose vd., 2026).

Cerrahi, cerrahi alanında bazen kısıtlı bir zamanda ve belirsizlik koşulları altında cerrahların bilinçli kararlar almasına yardımcı olmak için yapay zekâ modelleri ile çevrimdışı veya gerçek zamanlı verilerden (anatomik bilgiler) yararlanmasını sağlamaktadır. Bazen de yapay zekâ önceden tanımlanmış görevleri yüksek hassasiyette yerine getirebilir, insanlar gibi tükenmişlik yaşamadığı için karmaşık ameliyatlarda çok verimli olabilmektedir (Asan vd., 2020).

Evde bakım, tüm dünyada yaşlı nüfusunun artmasıyla birlikte yaşlıları etkileyen hastalıklar ve kronik rahatsızlığı bulunan bireyler için akıllı ev uygulamaları, sensör tabanlı sistemler, ev hizmet robotları ve tele-tıp uygulamaları, giyilebilir ve uzaktan izleme cihazları makine öğrenmesi ve yapay zekâ ile entegre edilerek yaşlanan toplumlarda ihtiyaçların belirlenerek kendi kendilerini yönetebilmeyi kapsamaktadır (Sapci ve Sapci, 2019).

Kardiyoloji: YZ uygulamalarında kardiyolojinin hemen hemen tüm alanlarında büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. YZ destekli EKG analizi, görüntüleme çalışmalarının otomatik yorumlanması ve risk tahmini gibi konularında somut gelişmelerle birlikte hastaların daha hızlı değerlendirilmesini sağlamaktadır (Lopez-Jimenez vd., 2020).

2. **Biyomedikal araştırma:** İlaç keşfi oldukça zaman alıcı bir süreç ve çalışma sonucunun başarısız olma ihtimali yüksek olduğu için büyük kaynak kayıplarına yol açmaktadır. Geleneksel hayvan modelleri ile yapay zekâ karşılaştırıldığında maliyeti düşürme açısından büyük öneme sahiptir. Ayrıca 1990'lardan itibaren ilaç keşfi için biriken kimyasal bilgilerle kimyasal kütüphaneler oluşmuş ve yüksek verimli tarama tekniklerinin gelişimine sebep olmuştur. Kişiselleştirilmiş tıp yaklaşımına göre, ilaçlar genellikle hem hedeflenen hem de hedef dışı biyolojik yapılarla etkileşime girer; bu durum ilacın etkinliğini ve yan etki profilini önemli ölçüde etkiler. İlaçlara verilen yanıt ise bireyin genetik, epigenetik ve çevresel özellikleri tarafından belirlenmektedir. Bundan dolayı kişiselleştirilmiş tıp her hastanın bireysel özelliklerine cevap verebilecek şekilde tasarlanmaktadır. İnsan Genom Projesi gibi çalışmalarla ilaç hedef tahminleri, metabolik ağ modellemesi, popülasyon genetiği örüntülerinin belirlenmesi gibi hesaplamalı modellemenin kişiselleştirilmiş tıp için en önemli araçlardan biri haline geldiği görülmektedir (Zhu, 2020).

3. **Halk sağlığı:** YZ sağlığın geliştirilmesi kapsamında hastalıkların yaygın görüldüğü ya da yüksek riskli davranışların görüldüğü bölgeleri ya da belirli demografik grupları belirlemede kullanılmaktadır. YZ hastalıkların önlenmesi kapsamında kötü sağlık sonuçlarının nedenlerini tespit etmek, çevresel ve mesleki sağlıkla ilgili riskleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. YZ araçları su arıtma tesislerinde bakteriyel bulaşmaları tespit etmekte veya çevresel sağlığı iyileştirmek için sensörler yardımıyla hava kirliliğini tespit etmek için kullanılmaktadır (WHO, 2021).

4. **Sağlık yönetimi:** Sağlık sistemi; sağlık profesyonelleri, sağlık kuruluşları, hastalar, laboratuvarlar, görüntüleme birimleri, eczaneler gibi birçok aktörün yer aldığı bir sistemdir. Sağlık yönetiminde YZ kullanım alanları randevu planlama, tanı ve teşhis sonrası bilgilerin Uluslararası Hastalık Sınıflandırması ile kodlanması, hasta bakımının akıcı bir şekilde yönetilmesi, sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesi amacıyla denetim süreçlerini kapsamaktadır (EPRS, 2022).

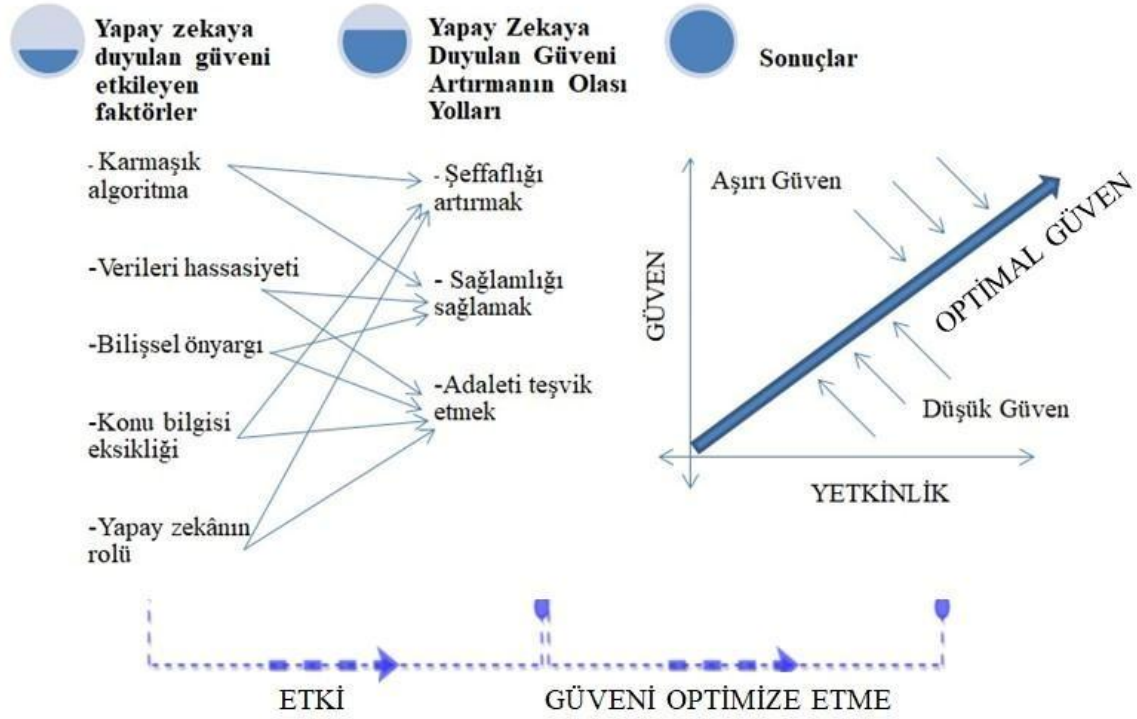
3. Sağlıkta Yapay Zekâya Güven Kavramı

Türk Dil Kurumuna göre güven, “korku, çekinme ve kuşku duymadan inanma ve bağlanma duygusu; emniyet, itimat” olarak tanımlanmaktadır. Hastaların yapay zekânın yeteneklerine ilişkin algısı, yapay zekâya duyulan güven açısından önemli bir boyut olarak değerlendirilmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.1.'de, yapay zekâya duyulan güveni etkileyen faktörler, güven ilişkilerini geliştirmenin olası yolları ve bunların güven üzerindeki etkilerine ilişkin bilgiler sunulmaktadır.

Yapay zekâya duyulan güven; kullanıcı önyargıları, kullanıcı deneyimi, otomasyona yönelik algı ve geçmiş deneyimler gibi bireysel faktörlerden etkilenebildiği gibi; şeffaflık, modelin karmaşıklığı, kontrol edilebilirlik ve ilgili riskler gibi teknolojik unsurlar ile yapay zekâ sisteminin yapısal özelliklerinden de etkilenmektedir. Yapay zekânın bir görevi öngörülebilir ve tutarlı bir şekilde yerine getirip getirmediğini ifade eden güvenilirlik, sistemdeki dalgalanmalar nedeniyle zayıflayabilmektedir. Bu durum, hem kullanıcı özelliklerine hem de girdi verilerinin niteliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Asan vd., 2020).

Yapay zekâ sistemlerinin yetersiz veya öznel verilerle eğitilmesi, sağlık profesyonellerinin farkında olmayabileceği önyargılı ve aşırı uyumlu sonuçların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Bu tür sonuçlar, yapay zekâ uygulamalarının performansını düşürmekte ve kullanıcıların hem güvenini hem de kabulünü olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte, çoklu veri kaynaklarıyla desteklenen sistemler karar verme süreçlerinde yüksek performans gösterebilse de, özellikle kritik vakalarda aşırı güvenin ciddi riskler doğurabileceği unutulmamalıdır (Asan vd., 2020).

Bu nedenle, sağlık profesyonellerinin ve yapay zekâ sistemlerinin hata yapma olasılığı dikkate alınarak literatürde “optimal güven” kavramı öne çıkarılmaktadır. Yapay zekâ geliştirme süreçlerinde adalet, şeffaflık ve sağlamlık ilkelerinin gözetilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, sağlık profesyonellerinin öznel değerlendirmelerden kaynaklanabilecek önyargıları tespit ederek ortadan kaldırması, şeffaflık yoluyla hasta verilerine güvenli erişimin sağlanması ve sistemlerin sağlamlığını artıracak veri kalitesi standartlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır (Asan vd., 2020).



Şekil 3.1. İnsan Faktörleri ve Yapay Zekâyı Duyulan Güven

Kaynak: Artificial Intelligence and Human Trust in Healthcare: Focus on Clinicians(Asan vd., 2020).

Güven oluşturmaya yönelik yüksek kalitede yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), güvenilir yapay zekâ için üç çeşit araç belirlemiştir : (World Economic Forum, 2025)

Eğitim araçları: Eğitim araçları olarak, atölye çalışmaları, eğitim programları, atölye çalışmaları ve sürekli öğrenme modülleri, tüm kademelerde çalışan personele yapay zekâ sistemlerini verimli bir şekilde kullanabilmeleri için gerekli bilgi ve becerileri kazandırmak açısından önem taşımaktadır.

Usulî araçlar: Usulî araçlar, sağlık profesyonelleri, hastalar ve sağlık sistemleri için sonuçların titiz bir şekilde değerlendirilmesi, kanıtların oluşturulması ve güçlü risk tespit sistemlerinin geliştirilmesini içermektedir.

Teknik araçlar: Teknik araçlar, yapay zekâ ile ilgili şeffaflık, önyargı tespiti, YZ sistemlerinin ne kadar açıklanabilir olduğu gibi konuları ele almaktadır. Bunlar özellikle, veri kaynaklarının titizlikle yönetilmesi, veri kökeninin sistematik bir şekilde sınıflandırılması ve izlenmesi, meta

verilerin eksiksizliğinin sağlanmasını içeren yaşam döngüsü veya veri yönetimi araçlarını içermektedir.

1. Yapay Zekâya Güveni Belirleyen Faktörler

Sağlık sisteminde yapay zekânın benimsenmesi ile birlikte tanı ve tedavilerin belirlenmesi, planlanması, hasta yönetiminde ilerlemeler ile sağlık çalışanlarının işini kolaylaştırmakta ve sağlık sistemini iyileştirmektedir. Ancak yapay zekâ kullanımı hasta güvenliği açısından risk oluşturabilmektedir. Bu öngörülemez riskler hastaya müdahale sırasında yanlış öneriler (hangi ilacın kullanılacağı) yanlış sonuçlar neticesinde alınan kararların hastalara veya diğer aynı sağlık durumuna sahip gruplara zarar verebilmektedir. Sağlık çalışanları da hata yapabilirler ancak, yapay zekâ sistemindeki hatalar kısa sürede binlerce kişiyi etkileme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu durumda sağlık çalışanlarını negatif etkileyebileceği için sağlık çalışanları yeterli güven olmadan yapay zekâ önerilerini göz ardı edebilmektedir (WHO Guidance, 2021). Sağlık çalışanlarının algoritmik önyargı olasılığı, karar alma süreçlerinin şeffaf olmaması, teknolojinin insan muhakemesinin yerini alacağına ilişkin endişeleri, sağlık hizmetlerinde teknolojinin gelişmesi ile birlikte insanlıktan uzaklaşma endişeleri YZ sistemlerine güveni sarsabileceği düşünülmektedir. YZ kullanımında güveni etkileyen şeffaflık, güvenilirlik ve doğruluk faktörlerinin kritik bir öneme sahip olduğu bilinmektedir. Bunun yanında güveni etkileyen diğer faktörler arasında algılanan kullanım kolaylığı, klinik yargı, kuruma uygunluğu bulunmaktadır (Minn vd., 2025). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) “Yapay Zekânın Etik ve Yönetişimi Sağlık Konusunda Kılavuzu”nda yer alan bilgisayar teknolojilerinin doğasında, makinelerin tasarımında yazılım hataları, risklerin yeterince azaltılamaması nedeniyle güvenlik açıkları oluşmaktadır. Bu tür hatalardan kaynaklı kazalar veya ölümler kapsamlı rapor edilememektedir ve bu konuda geniş çaplı çalışmaların az olduğu düşünülmektedir. Örneğin; Birleşik Krallık'ta yılda 2000 ölümün bilgisayar hatalarından kaynaklı olabileceği öne sürülmüştür.

Sağlıkta yapay zekâya duyulan güven; kullanıcıların kişisel yetkinliklerinden sistemin yapısal özelliklerine ve sağlık ekosisteminin hukuki zeminine kadar uzanan çok boyutlu bir yapıda şekillenmektedir. Literatür incelemesi, bu güvenin bireysel, teknolojik ve kurumsal faktörler etrafında nasıl yapıldığını açıkça ortaya koymaktadır.

Bireysel Faktörler (Dijital Sağlık Okuryazarlığı ve Teknolojiye Aşinalık) Bireylerin dijital ortamdaki sağlık bilgilerini arama, anlama ve uygulama becerisi olan e-sağlık okuryazarlığı, teknolojiye aşinalığı doğrudan etkilemektedir. Dijital sağlık okuryazarlığı yüksek olan bireylerin yapay zekâ teknolojilerine daha aşina olduğu ve bu yenilikleri daha kolay benimsediği görülmektedir (Altun vd., 2025). Buna karşın, okuryazarlık düzeyi düşük olanlar ile YZ sistemlerinin hata yapabileceği endişesini taşıyanlar, sisteme daha şüpheci ve mesafeli bir tutum sergilemektedir (Altun vd., 2025; Kaplan vd., 2024). Ayrıca, toplumsal cinsiyet ve yaş gibi demografik değişkenler de teknolojiye duyulan güveni etkilemektedir; nitekim kadınların veri mahremiyeti, insan temasının azalması ve etik ihlallere dair taşıdıkları kaygılar sebebiyle yapay zekâya daha temkinli yaklaştığı belirtilmektedir (Uslu, 2025). Benzer biçimde hekimlerin de kendi uzmanlık düzeyleri (kıdemli veya asistan olmaları) ve YZ teknolojisi ile çalışmaya olan aşinalıkları, aralarındaki güven ilişkisini ve yapay zekâ ile işbirliğinden elde ettikleri klinik performansı değiştiren önemli bir bireysel faktördür (Liu vd., 2025).

Teknolojik Faktörler (Sistem Doğruluğu ve Şeffaflık) Teknolojik faktörlerin temelinde sistemin isabetli klinik kararlar vermesi (ampirik güven) yatsa da, algoritmik sürecin şeffaflığı güvenin tesisinde kritik bir rol oynamaktadır (Jones vd., 2023). Derin öğrenme gibi ileri düzey algoritmaların, belirli bir tıbbi tanıya veya karar çıktısına nasıl ulaştığının insanlar tarafından anlaşılabilmesi durumuna “kara kutu” (black box) problemi denilmektedir (Alpkoçak, 2024; Zhang ve Zhang, 2023). Bu şeffaflık eksikliği, hem doktorların algoritmaya güvenip risk

almasını zorlaştırmakta hem de hastaların tedavi sürecine olan inancını zedelemektedir (Toğa, 2025; Alpkoçak, 2024). Bu engeli aşmak için geliştirilen “Açıklanabilir Yapay Zekâ” (AYZ), modelin neden ve nasıl söz konusu karara vardığını şeffaf bir şekilde sunarak klinisyenlere rasyonel bir güven zemini sağlamaktadır (Toğa, 2025; Kim vd., 2023). Bunun yanı sıra, algoritmaların eğitiminde kullanılan veri setlerinin belli grupları yeterince temsil etmemesiyle ortaya çıkan algoritmik önyargılar (bias), sistemin tutarlılığını düşüren ve klinik çıktılarının güvenilirliğini sarsan başlıca teknolojik sorunlardandır (Kaplan vd., 2024; Zhang ve Zhang, 2023).

Kurumsal Faktörler (Veri Güvenliği Politikaları ve Düzenleyici Çerçeveler) Yapay zekâyâ güvenin sürdürülebilir olması, ancak sağlam veri güvenliği politikaları ve hukuki sorumlulukları netleştiren düzenleyici çerçevelerle mümkündür (Zhang ve Zhang, 2023; Çelik ve Tüfekci, 2025). Hastanelerde kullanılan YZ sistemlerinin siber saldırılara maruz kalarak hasta mahremiyetini ihlal etmesi riski, kurumsal güveni sarsan en büyük tehditlerdendir. Avrupa Birliği'nin (AB) uyguladığı GDPR (Genel Veri Koruma Yönetmeliği) veya KVKK gibi yasal düzenlemeler, verinin işlenmesinde şeffaflığı ve hasta mahremiyetini güvence altına almayı hedefleyerek kurumsal güveni desteklemektedir (Alpkoçak, 2024; Zhang ve Zhang, 2023). Öte yandan, yapay zekânın hatalı tıbbi tavsiyeleri neticesinde ortaya çıkabilecek olumsuz durumlarda yasal sorumluluğun (malpraktis/liability) hekime mi, kuruma mı yoksa üreticiye mi ait olacağı konusundaki belirsizlik, klinik personelin sisteme güvenmesini engellemektedir (Jones vd., 2023; Gümüş vd., 2022). Bu tür hukuki boşlukların giderilmesi için, sistemlerin tıbbi bir müdahale aracı olarak sıkı standartlarla lisanslanması ve uygulamadan önce hastadan mutlaka eğitilmiş/bilgilendirilmiş onam alınmasına yönelik kurumsal politikaların hayata geçirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Gümüş vd., 2022; Yorgancıoğlu Tarcan vd., 2024).

2. Yapay Zekâ Kullanımında Ortaya Çıkabilecek Riskler

Sağlık hizmetlerinde YZ uygulamalarının dahil edilmesiyle beraber bazı riskler ortaya çıkmıştır. Bu riskler hasta kişilerin, vatandaşların, sağlık profesyonellerinin ve toplumun YZ'ya olan güvenini azaltabilmektedir. Bunun için risk değerlendirmesi, risklerin yönetimi ve sınıflandırılması YZ geliştirme, değerlendirme ve uygulama sürecinin ayrılmaz bir parçası olması gerekmektedir. Avrupa Parlamentosu Araştırma Servisi (EPRS) Bilimsel Öngörü Birimi Bilim ve Teknolojinin Geleceği Panelinde bu riskler yedi başlık altında incelenmiştir. Bunlar:

- Yapay zekâ hatalarından kaynaklanan hasta zararları:** ilk olarak YZ araçlarının kullanımı sırasında yoğun karmaşık girdi verileri YZ tahminlerini önemli şekilde etkileyebilmektedir. İkincisi, YZ yanlış sınıflandırmaları, veri kayması gibi sebeplerle ortaya çıkmaktadır. Üçüncü olarak YZ algoritmalarının uygulandıkları ortam ve bağlamdaki beklenmedik değişikliklere uyum sağlamadaki zorlukları nedeniyle sağlık profesyonellerinin tahminleri hatalı olabilmektedir.
- Tıbbi yapay zekâ araçlarının kötüye kullanımı:** YZ algoritmaları doğru olsa bile sağlık profesyonelleri tarafından nasıl kullanıldığı önem taşımaktadır. YZ araçlarının yanlış kullanımı hastanın yanlış tıbbi değerlendirilmesine ve yanlış karar verilmesine sebep olmaktadır.
- Tıbbi yapay zekâda önyargı riski ve eşitsizliklerin devam etmesi:** Adaletsizliklere ve eşitsizliklere katkıda bulunan başlıca faktörler yaş, cinsiyet eğitim, gelir, etnik köken, coğrafi konum olarak sıralanmaktadır. Bu faktörlerin bir kısmı sosyoekonomik farklılıklara ya da ayrımcılığa dayanırken insan önyargıları da önemli bir rol oynamaktadır. Dünyanın pek bölgesinde yapılan çalışmalarda kadın hastaların ağrı

şikayetlerinde problemin psikolojik ve başka problemlere bağlanarak görmezden gelinme eğilimi olduğu ortaya konmuştur.

4. **Şeffaflık eksikliği:** YZ araçlarının geliştirilmesi ve kullanımında yaygın olarak görülen şeffaflık eksikliği, YZ geliştirme ve kullanım süreçlerinde izlenebilirliğini ve YZ kararlarının açıklanabilirliğini ifade etmektedir. Tıp ve sağlık hizmetleri gibi hassas alanlarda güven eksikliğine neden olmaktadır. Bu durum sağlık profesyonelleri tarafından yeni YZ algoritmalarını benimsemelerini etkilemektedir.
5. **Gizlilik ve güvenlik sorunları:** Sağlık hizmetlerinde YZ teknolojilerinin gelişimi ile birlikte hastaların mahremiyeti, veri gizliliği konusunda riskler ortaya konulmaktadır. Bu risklerle ilgili bilgilendirilmiş onamla hastaların bilinçli karar vermeleri için yeterli bilginin sağlanması gerekmektedir. Bilgilendirilmiş onam, özerkliğe saygı, zarardan korunma, gizlilik koruması gibi çeşitli etik konularla bağlantılıdır. Bir diğer endişe hasta verilerinin ilaç geliştirme, klinik deneme tasarımı, pazarlama gibi daha fazla konularda kullanılabilirliği olarak düşünülmektedir.
6. **Yapay zekâ hesap verebilirliğindeki boşluklar:** Sağlık hizmetlerinde YZ için hesap verebilirlik, sağlık hizmetlerinde YZ'nın kabul edilebilirliği, güvenilirliği ve benimsenmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Sağlık hizmetlerinde YZ uygulanmasındaki zorluklar, tıbbi yapay zekâdaki çoklu aktör sorunu; bu durum, tıbbi yapay zekâ ve algoritmaların geliştirilmesi, uygulanması ve kullanımında yer alan yapay zekâ geliştiricileri, veri yöneticileri, sağlık profesyonelleri, hastalar, sağlık hizmeti organizatörlerinin arasında sorumlulukların belirlenmesini zorlaştırmaktadır, YZ algoritmasından, algoritmanın eğitimi için kullanılan verilerden veya klinik uygulamada yanlış kullanım ve anlayıştan kaynaklanabilecek YZ ile ilgili tıbbi hataların kesin nedenini belirlemedeki zorluk ve YZ endüstrilerindeki çok sayıda yönetim çerçevesi ve birleşik etik ve yasal standartların eksikliği olarak sıralanmaktadır.
7. **Gerçek hayattaki sağlık hizmetlerinde uygulamaya yönelik engeller:** Son yıllarda çok fazla tıbbi uygulama alanlarında YZ algoritmaları geliştirilmiştir. Ancak sağlık hizmetlerinde uygulanabilirliği ile ilgili faktörler vardır. Bunlar: mevcut elektronik sağlık sistemlerindeki sınırlı veri yapısı ve kalitesi, sağlık profesyonelleri ile hasta ilişkisindeki değişiklikler, klinik entegrasyon ve birlikte çalışabilirlikteki zorluklar olarak sıralanmaktadır (EPRS, 2022).

Dünya Ekonomik Forumu'nda (2025) sağlık sektöründe YZ uygulamalarına güvenin oluşturulması ve yüksek kalitede YZ teknolojilerinin nasıl geliştirileceği ile ilgili acil sorun olarak görülen üç alan öne çıkarılmıştır:

- Şu anda sağlık YZ ekosistemleri parçalanmış durumda olduğu ve sağlık liderlerinin sağlık alanındaki YZ teknolojileri hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı ifade edilmektedir.
- Sağlık ekosistemindeki paydaşlar, yüksek kanıt standartlarını korurken, YZ teknolojilerinin hızlı ilerlemesine uyum sağlayabilecek yeterli uyarlanabilirlik ve esneklik sunan değerlendirme süreçleri sağlaması gerektiği ifade edilmektedir.
- Sağlık sektörünün güvenini kazanacak yüksek kaliteli YZ teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını kolaylaştırmak için kamu-özel sektör etkileşimlerinin hayati önem taşıdığı konusunda küresel bir fikir birliği bulunmadığı ifade edilmektedir.

3. Yapay Zekâ ve Etik Tartışmalar

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2021) "Yapay Zekânın Etik ve Yönetişimi Sağlık Konusunda Kılavuzu"nda sağlık alanında yapay zekânın etik kurallar ve insan hakları standartlarına uygun uluslararası bir rehber bulunmadığı ve bu teknolojilere güven duymak, kötü ya da yıpratıcı

etkileri önlemek için kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır. Raporda yapay zekâ teknolojilerinin tasarımı ve kullanımını geliştirmek için kullanıcılara, geliştiricilere ve düzenleyicilere rehberlik etmesi için insan onuru ve insani değerlere dayalı etik ilkeler önerilmiştir. Bu etik ilkeler şunlardır:

- Başkalarına zarar vermekten kaçınmak,
- Mümkün olduğunda başkalarının iyiliğini teşvik etmek,
- Tüm bireylerin adil şekilde muamele görmesini sağlamak,
- Bireylerle, kendi yaşamları ve özellikle sağlıkla ilgili kararları hakkında bilinçli bir anlayışa dayalı seçim yapma haklarına saygı göstererek etkileşimde bulunmak,
- Bireysel mahremiyetin korunması ve güvence altına alınmasıdır.

Küresel farklılıklardan dolayı sağlık sektöründe YZ'nın yaygınlaştırılmasının zor olduğu düşünüldüğünden bazı ülkeler YZ ile ilgili yasal çerçeveler belirlemektedir. Avrupa Birliği Mart 2024'te AB Parlamentosu tarafından kabul edilen Yapay Zekâ Yasası'nı yürürlüğe koymuştur. Bu yasa YZ sistemlerinin risk düzeylerine göre sınıflandırılması, yüksek riskli uygulamalarda orantılı kontrol uygulanması gibi konuları kapsamaktadır (www.europarl.europa.eu). Sağlık sektöründe YZ teknolojileri Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, In Vitro Teşhis Yönetmeliği, Genel Veri Koruma Yönetmeliği ve Avrupa Sağlık Veri Alanı Yönetmeliği gibi diğer düzenlemelere de tabidir. Türkiye'de Gümrük Birliği kapsamında ve AB mevzuatına tam uyum çerçevesinde, tıbbi cihazlar ve in vitro tanı amaçlı Tıbbi Cihaz Yönetmeliği ile In vitro Tanı Amaçlı Tıbbi Cihaz Yönetmeliği uygulanmaktadır (Sağlık Bakanlığı, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu). AB ülkeleri dışında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü üyesi olan Kanada, Japonya, Güney Kore, Birleşik Krallık ve Avustralya ulusal yapay zekâ düzenlemelerini geliştirmektedir (WEF, 2025). Bu düzenlemeler daha çok gizlilik, hesap verebilirlik ve güvenlik gibi konuları kapsamaktadır. Bir diğer kuruluş (HealthAI) Küresel Sağlıkta Sorumlu Yapay Zekâ Ajansı yapay zekâ destekli sağlık yeniliklerine adil erişimi destekleyen Cenevre merkezli kar amacı gütmeyen bir kuruluş (healthai.agency/what-we-do/).

Türkiye'de Yapay Zekâ Kanun Teklifi 2024 yılı itibariyle TBMM komisyonuna sunulmuştur. Bu kanun teklifi ile YZ teknolojilerinin etik kurallar çerçevesinde güvenli ve eşit bir şekilde kullanımı, gizliliğin sağlanması ile ilgili YZ sistemlerinin kullanımına yönelik yasal çerçevelerin oluşturulması amaçlanmaktadır (Türkiye Yapay Zekâ Kanun Teklifi, 2024).

Türkiye Sağlık Veri Araştırmaları ve Yapay Zekâ Uygulamaları Enstitüsünün Yapılanması ve Faaliyetlerinin Yürütülmesine Dair Yönetmelik (2022)'te ise sağlık alanında YZ kullanımında rekabet edebilirliğini arttırmak, YZ sistemleri geliştirmek için AR-GE çalışmalarını desteklemek, klinik veri ve görüntülerin güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi için bilgilerin depolanması ve yönetimi için alt yapının sağlanması gibi birçok görev ve yetkileri kapsamaktadır (Türkiye Sağlık Veri Araştırmaları Ve Yapay Zekâ Uygulamaları Enstitüsünün Yapılanması Ve Faaliyetlerinin Yürütülmesine Dair Yönetmelik, 2022).

4. Gelecek Perspektifleri ve Politika Önerileri

Sağlık sistemlerinde YZ kullanımının artı ve eksi yönleri mevcuttur. Sağlık sistemlerinde dünya genelinde birçok alanda YZ kullanımını artmıştır. Bu durum sağlık profesyonellerinin çoğu işlerde yükünü azaltsa da tüm sağlık çalışanlarının YZ teknolojileri için eğitimden geçmelerini zorunlu kılmıştır. Sağlık profesyonellerinin YZ teknolojilerini kullanım yetkinliği artarken YZ'ya bağlı kalarak bazı becerilerinin kaybolmasına, sağlık çalışanlarının bağımsız karar verebilme yeteneklerinin zayıflamasına, ayrıca YZ görevlerinin otomatikleşerek sağlık sektöründe iş kaybına yol açabileceği düşünülmektedir (WHO, 2022).

Tüm dünyada sağlık sistemlerinde YZ ile ilgili politika yapıcılarının anlama aşamasından şekillendirme aşamasına geçtiği görülmektedir (WEF, 2025). YZ sistemlerinin tasarlama ve geliştirme aşamasında gizlilik, veri paylaşımı gibi etik konularda ve coğrafya, cinsiyet, yaş, kültür, din, dil gibi nüfusun kırılğan kesimlerinin kapsayıcılık kapsamında gelecekte sürdürülebilirlik açısından ele alınması gerekmektedir (Vinci vd., 2025). YZ sistemleri sağlık hizmetlerinde uygulamada güvenli sayılsa da beklenmeyen sonuçlarla karşılaşma olasılığının yüksek olduğu düşünülmektedir. Yasalar YZ kullanımına ilişkin güvenlik kurallarının uygulanabilir olmasını sağlamalı ve YZ sistemlerinin tasarım ve uygulamalarında beklenmeyen sonuçlarla karşılaşmadan önce bunların bütün olarak ele alınması sağlanmalıdır (WHO, 2022). Bu hususta özellik etik tartışmalarının yoğunlaşması, yeni yönergelerin yürürlüğe girmesi ve sağlık ve yapay zekâ etiği etkileşiminden doğacak yeni mesleki pozisyonların ortaya çıkması beklenmektedir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ teknolojilerinin artan kullanımı, tanıdan tedaviye, sağlık yönetiminden halk sağlığı uygulamalarına kadar birçok alanda önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu dönüşüm yalnızca teknik bir ilerleme değil; aynı zamanda etik, sosyal ve hukuki boyutları olan çok katmanlı bir değişimi ifade etmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ sistemlerinin sağlık alanında etkin ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesinin temel koşulu, güven unsurunun sağlanmasıdır.

Çalışma bulguları, sağlıkta yapay zekâyâ duyulan güvenin bireysel, teknolojik ve kurumsal faktörlerin etkileşimiyle şekillendiğini göstermektedir. Dijital sağlık okuryazarlığı ve teknolojiye aşinalık gibi bireysel özellikler, algoritmik şeffaflık ve doğruluk gibi teknolojik unsurlar ile veri güvenliği politikaları ve düzenleyici çerçeveler gibi kurumsal mekanizmalar, güvenin temel belirleyicileri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte algoritmik önyargılar, veri mahremiyeti ihlalleri, şeffaflık eksikliği ve hesap verebilirlik sorunları, yapay zekâ sistemlerine duyulan güveni zayıflatan başlıca risk alanlarıdır.

Bu doğrultuda, sağlık sistemlerinde güvenilir bir yapay zekâ ekosistemi oluşturulabilmesi için etik ilkelerin (adalet, şeffaflık, zarar vermeme ve özerklik) sistem tasarım ve uygulama süreçlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda ulusal ve uluslararası düzeyde geliştirilen yasal düzenlemelerin uygulanabilirliğinin artırılması, veri güvenliği standartlarının güçlendirilmesi ve sağlık profesyonellerinin yapay zekâ kullanımına yönelik yetkinliklerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Sonuç olarak, insan-makine etkileşiminin dengeli biçimde kurgulandığı, kapsayıcı ve şeffaf sistemlerin geliştirilmesi, sağlık hizmetlerinde yapay zekâyâ duyulan güvenin sürdürülebilirliği açısından kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ala, N., & Aslan, H. (2025). Sürdürülebilir sağlıkta güncel araştırmalar. T. Aşkar & G. Y. Tunçay (Ed.), *Sağlıkta yapay zekâ uygulamaları* (s. 18) içinde. Livre de Lyon.
- Alpkoçak, A. (2024). Sağlıkta açıklanabilir yapay zekâ. *TOTBİD Dergisi*, 23: 18-23.
- Altun, H., Yılmaz, S., Yağar, F., & Kurtulgan, İ. F. (2025). E-sağlık okuryazarlık düzeyinin sağlıkta yapay zekâ ve robotlara yönelik tutumlar üzerindeki etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(50): 593-618.
- Asan, O., Bayrak, A. E., & Choudhury, A. (2020). Artificial intelligence and human trust in healthcare: Focus on clinicians. *Journal of Medical Internet Research*, 22(6): e15154.

- Benzinger, L., Ursin, F., Balke, W. T., Kacprowski, T., & Salloch, S. (2023). Should artificial intelligence be used to support clinical ethical decision-making? A systematic review of reasons. *BMC Medical Ethics*, 24(1):48.
- Bera, K., Schalper, K. A., Rimm, D. L., Velcheti, V., & Madabhushi, A. (2019). Artificial intelligence in digital pathology: New tools for diagnosis and precision oncology. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 16(11): 703-715.
- Çelik, Ö., & Tüfekci, N. (2025). Yapay zekâ ve derin öğrenmenin sağlık bilişimi üzerine etkisi: Literatür tabanlı bir inceleme. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 8(2): 42-61.
- European Parliament. (2024, 8 Mart). *Artificial Intelligence Act: MEPs adopt landmark law*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240308IPR19015/artificial-intelligence-act-meps-adopt-landmark-law>
- European Parliamentary Research Service (EPRS). (2022). *Artificial intelligence in healthcare: Applications, risks, and ethical and societal impacts*.
- Gümüş, M., Kızılkaya, E., Orhan, S., & Maltaş, E. (2022). Sağlık hizmetinde kullanılan yapay zekânın hasta ve hekim üzerindeki güvene bağlı etkisi. *Gevher Nesibe Journal of Medical & Health Sciences*, 7(16): 30-36.
- HealthAI. (t.y.). *Who we are*. <https://healthai.agency/who-we-are/>
- Jones, C., Thornton, J., & Wyatt, J. C. (2023). Artificial intelligence and clinical decision support: Clinicians' perspectives on trust, trustworthiness, and liability. *Medical Law Review*, 31(4): 501–520.
- Kaplan, M., Çakar, F., & Bingöl, H. (2024). Sağlık alanında yapay zekânın kullanımı: Derleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(3): 75-85.
- Kim, M., Sohn, H., Choi, S., & Kim, S. (2023). Requirements for trustworthy artificial intelligence and its application in healthcare. *Healthcare Informatics Research*, 29(4): 315-322.
- Liu, P., Zhang, J., Chen, S., & Chen, S. (2025). Human-AI teaming in healthcare: 1+ 1 > 2 ?. *npj Artif. Intell.* 1, 47.
- Lopez-Jimenez, F., Attia, Z., Arruda-Olson, A. M., Carter, R., Chareonthaitawee, P., Jouni, H., vd. (2020). Artificial intelligence in cardiology: Present and future. *Mayo Clinic Proceedings*, 95(5): 1015–1039.
- Rose, J., & Valdez, A. (2026). Artificial intelligence: Implications for emergency nursing practice. *Journal of Emergency Nursing*, 52: 2-4.
- Sapci, A. H., & Sapci, H. A. (2019). Innovative assisted living tools, remote monitoring technologies, artificial intelligence-driven solutions, and robotic systems for aging societies: Systematic review. *JMIR Aging*, 2(2): e15429.

- Toğa, G. (2025). Sağlık alanında açıklanabilir yapay zekâ kullanımı üzerine bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 40(3): 707-723.
- Tun, H. M., Rahman, H. A., Naing, L., & Malik, O. A. (2025). Trust in artificial intelligence–based clinical decision support systems among health care workers: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 27: e69678. <https://doi.org/10.2196/69678>
- Türk Dil Kurumu (TDK). <https://sozluk.gov.tr/>
- Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM). (2024). *Türkiye yapay zekâ kanun teklifi* (Esas No: 2/2234). 17 Nisan 2026 tarihinde <https://www.tbmm.gov.tr/Yasama/KanunTeklifi/e21539a0-888a-4500-81be-01904a918c53> adresinden erişilmiştir.
- Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK). (2026). *TCOKKA COM 2025 1023 sayılı komisyon önerisi kamuoyu görüş süreci*. <https://www.titck.gov.tr/duyuru/tcokka-com-2025-1023-sayili-komisyon-onerisi-kamuoyu-gorus-sureci-19012026102958>
- Türkiye Sağlık Veri Araştırmaları ve Yapay Zekâ Uygulamaları Enstitüsünün Yapılanması ve Faaliyetlerinin Yürütülmesine Dair Yönetmelik*. (2022, 12 Mart). T.C. Resmî Gazete (Sayı: 31776). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/03/20220312-9.htm>
- Uslu, D. (2025). Yapay zekâ ve robotik teknolojilere yönelik algılarda toplumsal cinsiyetin rolü: Korku, güven ve fayda perspektifi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(3): 315-326.
- Vinci, A., Vandelli, A., Caputo, A., & Vainieri, M. (2025). Supporting the digital transformation journey through monitoring systems in healthcare: A comparative analysis of European empirical approaches through an adaptation of the IPOO framework. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124340>
- World Economic Forum (WEF). (2025). *Earning trust for AI in health: A collaborative path forward*.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*.
- Yorgancıoğlu Tarcan, G., Yalçın Balçık, P., & Sebik, N. B. (2024). Türkiye ve dünyada sağlık hizmetlerinde yapay zekâ. *Lokman Hekim Dergisi*, 14(1): 50-60.
- Zhang, J., & Zhang, Z. (2023). Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23, 7.
- Zhu, H. (2020). Big data and artificial intelligence modeling for drug discovery. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 60: 573-589.

TRANSFORMATION IN STEM HIGHER EDUCATION: EXPLORING MOTIVATION, DIGITAL INCLUSION, AND MICRO-CREDENTIALING TRENDS

Halimaton Sa'adiyah Ariffin¹, Nur Ilyana Ismarau Tajuddin², Nur Amly Abd Majid³, Aiza Azrin Mohd Zain⁴, Rajermani Thinakaran⁵

1,2,3,4Tamhidi Centre, Universiti Sains Islam Malaysia, Malaysia

1,5Faculty of Data Science and Information Technology, INTI International University, Malaysia

Corresponding Email: halimaton@usim.edu.m.my

ABSTRACT

This paper explores transformative narratives within STEM higher education by examining how digital tools and micro-credentialing platforms are reshaping student motivation, access, and engagement. Despite ongoing national efforts to increase STEM participation, many higher education institutions continue to face challenges such as low student interest, limited digital inclusivity, and slow adoption of alternative credentialing. The literature reflects a research gap in understanding how personal experiences, institutional practices, and policy changes converge to influence these dynamics, especially from a narrative perspective. This study aims to synthesize key stories and reflections from recent academic discourse to highlight emerging trends in motivation strategies, gender equity, and technology-driven learning ecosystems. From over 60 empirical studies and conceptual frameworks, the paper uncovers patterns in how micro-credentials, virtual learning environments, and gamification are being implemented to bridge the STEM engagement divide. The findings of this paper indicate that while digital innovations such as virtual reality and gamified learning offer promise, barriers such as access inequality and lack of recognition persist. Micro-credentials show potential in boosting career readiness and lifelong learning, but their integration into formal education systems remains uneven. This paper contributes to a growing body of work that advocates for personalized, inclusive, and digitally enhanced learning environments. The implications underscore the importance of policy alignment, educator readiness, and learner-centered design in driving meaningful change in STEM education.

Keywords: STEM higher education; motivation; digital inclusion; micro-credentials; active learning; online learning; employability; equity

Introduction

Higher education institutions are being pushed to transform STEM teaching for a landscape defined by rapid digitization, labor-market volatility, flexible learning expectations, and widening equity pressures. Yet the mainstream language of “digital transformation” often assumes that new tools or platforms are self-evident improvements. The recent evidence base suggests otherwise. STEM students continue to report lower interest in online courses than non-STEM peers, and their judgments are strongly shaped by perceived performance outcomes, enjoyment, flexibility, and effort. At the same time, faculty and students in online STEM courses report that active learning matters and that required, well-integrated activities are more valuable than optional add-ons. The implication is that transformation is not a binary shift from offline to online; it is a design problem about which pedagogical and institutional conditions convert digital provision into meaningful learning. [6]

A second problem concerns the way equity is conceptualized. In much institutional rhetoric, digital inclusion is treated primarily as infrastructure access. Recent systematic work argues for a more complex framing of “digital equality,” while STEM-focused studies show that belonging, recognition, and gendered expectations remain central to who experiences participation as possible or legitimate. Research on women in mathematics-intensive STEM degrees, for example, shows that disadvantage does not disappear at university entry; it reappears as lower prior conceptual preparation, higher belonging uncertainty, and higher stress, even where students later compensate academically. Likewise, studies of STEM identity and recognition show how masculinized discourses of interest, competence, and performance shape who is seen, and who sees themselves, as a “STEM person.” This means that access to devices or platforms is necessary but not sufficient; inclusive transformation must also address social recognition, climate, and preparatory inequality. [7]

A third issue is the rise of micro-credentials. In policy and institutional discourse, micro-credentials are now positioned as flexible, stackable, employability-oriented responses to skills volatility. Literature supports parts of that promise, especially around flexibility, modularity, and responsiveness to professional demand. But it also shows that the field remains unsettled around design principles, quality assurance, assessment validity, portability, and recognition across institutions and employers. In other words, micro-credentials may address the old critique that higher education is too slow and too monolithic, but only if they are designed as more than branded short courses or administrative badges. [8]

This paper therefore, argues that the transformation of STEM higher education should be understood through an integrated lens. Motivation, inclusion, and credentialing are usually discussed in separate literatures. The contribution of this review is to show that they are structurally linked. Digital environments shape motivation; motivation affects persistence and the uptake of new formats; inclusion conditions who can benefit from digital reform; and the credibility of micro-credentials determines whether participation translates into valued outcomes. The central claim is that durable STEM transformation occurs when these domains are aligned rather than pursued as isolated reforms. [9]

Methodology

A PRISMA 2020-informed rapid systematic review was used to strengthen transparency and reproducibility in comparison with a conventional narrative review. Searches were conducted across major publisher and indexing environments using combinations of STEM, higher education, motivation, online learning, digital inclusion, equity, active learning, gamification, micro-credentials, and faculty design terms. The review retained peer-reviewed studies published from 2022 to 2025 and screened them for higher education relevance, STEM salience, methodological adequacy, and conceptual fit with the review question. The final corpus comprised 32 studies. The synthesis then used thematic narrative comparison: instead of merely cataloguing findings, it examined convergence, contradiction, contextual sensitivity, and implications for policy and practice. [10]

Results and Discussion

The synthesis indicates that motivation and engagement in STEM are highly design-sensitive. Shank and colleagues show that self-determination theory-based course design can improve competence and relatedness in online mathematics contexts. Alshammari and Alrehaili show

that in online higher education, social and cognitive presence exert significant effects on engagement, while teaching presence alone does not directly drive participation. Van Wart and colleagues further show that both faculty and students see active learning as helpful in online STEM settings, and students prefer these activities to count substantially toward assessment rather than remain optional. Together, these studies suggest that motivation in STEM is strengthened less by “technology exposure” than by carefully structured interaction, challenge, and visible relevance. This is a critical correction to the assumption that digital tools automatically motivate STEM learners. [11]

At the same time, the evidence is not uniformly optimistic about online STEM learning. McIntyre and colleagues found that STEM majors were less favorable toward online courses than non-STEM students and associated them with lower performance value, lower enjoyment, lower flexibility, and greater effort. Vilhunen and colleagues nonetheless show that well-designed online university courses can generate “optimal learning moments” when students formulate problems, ideate alternatives, and design solutions. The contrast matters. It implies that the negative profile of online STEM learning is not inevitable; it depends on whether the course organizes authentic, intellectually demanding activities rather than passive content consumption. The strongest interpretation is not that STEM students “dislike online learning” in general, but that they reject thin digital delivery that divorces flexibility from rigor, or rigor from interaction. [12]

The gamification and immersive-learning literature adds another layer to this argument. Leitão and colleagues’ systematic review finds that game elements can enhance motivation, but the effects depend on which elements are used and how they align with learning goals. Ilić and colleagues’ review of digital game-based learning in STEM similarly argues that motivation benefits are present but context-sensitive across science, mathematics, and computing. Lampropoulos and Kinshuk’s review of virtual reality and gamification likewise points to benefits in engagement and learning design while warning against simplistic implementation. The critical point is that gamification should not be treated as a cosmetic overlay. It is most effective when it structures mastery, feedback, and agency, not when it merely adds badges or points to unchanged pedagogy. [13]

A second major finding concerns digital inclusion and belonging. Luo and Liu’s systematic review argues that digital equality in education should be understood through multiple conceptual lenses rather than a single access metric. This reframing is important for STEM higher education because the barriers students encounter are simultaneously technical, social, and cultural. Price and Winchester’s scoping review of equity in blended learning shows that “designing for diversity” requires attention to how synchronous and asynchronous arrangements advantage some learners more than others. Ramírez-Montoya and colleagues show, through a case of open platforms, that inclusion is a systems problem involving policy, platform affordances, pedagogy, and participation. Together, these studies imply that institutions cannot claim digital inclusion by distributing access alone; they must design for difference in time, support, representation, and pedagogy. [14]

STEM-specific equity studies reinforce this interpretation. Choi, Theobald, and Eddy show that active learning and inclusive teaching overlap, but only partially: instructors who use active learning still differ greatly in how they conceptualize equity, and active learning itself is not inherently inclusive. Cian and Dou show how university STEM environments can reproduce masculinized expectations that define recognition and participation. Deiglmayr and colleagues show that women entering mathematics-intensive STEM programs report higher belonging uncertainty and stress alongside lower prior conceptual knowledge, even when later outcomes

suggest compensation. Guo and colleagues' massive survey of undergraduates in China shows that university-led STEM programs can reduce gender disparities in career commitment, but the mechanisms differ by gender and run through self-efficacy, mentoring, peer interactions, and perceptions of STEM professionals. These findings are especially important for Malaysia[15] and other systems seeking to raise STEM participation: the relevant policy target is not only recruitment into STEM, but also the motivational and socio-emotional conditions of continuation. [16]

The third major theme is micro-credentials as a partial but promising response to employability pressures. Ahsan and colleagues' systematic literature review shows that implementation questions in higher education remain central, especially around stakeholder perspectives and the integration of digital badges and competency-based models. Varadarajan and colleagues' review similarly frames micro-credentials as a multi-stakeholder issue involving learners, employers, institutions, and government, highlighting the coexistence of opportunity and fragmentation. Reed and colleagues refine the issue further by showing that faculty design principles still oscillate between seeing the micro-credential as an assessment object, a credential object, or both. Sullivan's rubric adds the important quality-assurance dimension: visibility, consistency, and learner value cannot be assumed merely because a course has been shortened and labeled differently. The comparative insight here is that the field has moved beyond asking whether micro-credentials are fashionable; the more serious question is whether they can be made trustworthy. [17]

Recent empirical studies show why institutions continue to invest in them despite these unresolved issues. Ahad and colleagues' study of micro-credential affordances in Bangladesh[18] highlights flexibility, lower fees, industry-university collaboration, networking, and job opportunities. Parsons and colleagues' work in New Zealand[19] shows that postgraduate learners often experience micro-credentials not as isolated products, but as part of a larger human-capital-building learning journey. Gamage and Dehideniya's critical review similarly argues that micro-credentials can bridge institutional learning and labor-market need when they are co-designed around employability and lifelong learning. Mitchell and colleagues, although working in health rather than STEM, make a broader point relevant to higher education generally: once micro-credentials move from novelty to credentialing architecture, standards become indispensable. This body of work suggests that micro-credentials are strongest when they are embedded in a progression model, not sold as disconnected fragments. [20]

The fourth theme is institutional and faculty adaptation. Gwada and colleagues' qualitative systematic review shows that online teaching practice is shaped not only by technical affordances but by educator beliefs about teaching, communication, and student participation. Xu and colleagues' Humanizing Online STEM Academy demonstrates that professional development can shift faculty confidence, interpersonal practice, and equity awareness across eight institutions. These studies matter because they move the discussion beyond student deficit narratives. If online or hybrid STEM courses fail, the explanation is often institutional underinvestment in instructional design, faculty learning, and support ecosystems. Recent work on widening participation in STEM universities reinforces that point: barriers are not reducible to student aspiration; they are distributed across institutional structures, socio-economic constraints, and psychological climates. [21]

The review also identifies an emerging but still unsettled AI dimension. Wang and colleagues' systematic review shows that artificial intelligence in education has become a major research front, but the field remains divided between personalization promises and ethical or

pedagogical concerns. For STEM higher education, the implication is clear: AI may enhance feedback, adaptivity, and support, but unless it is governed by the same principles identified throughout this review that clarity, inclusion, pedagogical alignment, and credibility. It risks becoming another layer of technological solutionism. The deeper lesson from the broader corpus is not “add AI,” but “evaluate whether AI improves the alignment between pedagogy, equity, and learner outcomes.” [22]

Novelty and Contribution

The main contribution of this rewritten manuscript is conceptual. Rather than treating motivation, inclusion, and micro-credentials as parallel issues, the review shows that they form an interlocking reform model. Motivation is the learner-level mechanism that converts design into participation. Inclusion is the distributive condition that determines who can benefit. Micro-credentials translate participation into recognized value. Institutional readiness determines whether any of these promises become durable. This framing helps explain why digital transformation often produces mixed outcomes: reforms succeed only when all four layers are coordinated. That integrated argument is the manuscript’s novelty and is designed to be legible to Q1 audiences in higher education, educational technology, and STEM education. [23]

Implications for policy, institutions, and pedagogy

At the policy level, STEM agendas should stop equating growth with headcount targets alone. Policies need to support preparatory equity, digital equality, credential portability, and stronger links between universities and employers. At the institutional level, leadership should treat online STEM quality, humanizing pedagogy, and micro-credential governance as connected strategic issues rather than separate projects. At the pedagogical level, instructors should prioritize social and cognitive presence, required active learning, transparent assessment, and structured belonging supports. This is especially important in border cases where students may remain enrolled but disengaged, or persist academically while paying high socio-emotional costs. [24]

Limitations

This review is intentionally rigorous but remains a rapid review rather than a preregistered full systematic review. It relies on recent peer-reviewed literature and DOI-verifiable metadata, but several 2025 papers were available primarily through publisher metadata pages, abstracts, and early online publication records rather than full parseable text. In addition, most of the empirical literature remains cross-sectional, with fewer longitudinal or causal studies than the policy discourse often implies. This means the evidence is strong enough to support comparative synthesis and practical recommendations, but not strong enough to claim a single universal causal model for all STEM higher education settings.

Table 1 provides comparative evidence from selected studies included in the review. It demonstrates that transformation in STEM higher education is shaped by the interaction between digital learning design, motivation, equity, institutional support, and credential quality assurance. The studies show that digital tools and online learning do not automatically improve engagement unless they are supported by active learning, social interaction, and inclusive pedagogy. Similarly, micro-credentials can enhance career readiness only when they are supported by clear standards, credible assessment, and institutional recognition. Overall, the table supports the central argument of this paper: STEM transformation succeeds when technological innovation, learner motivation, digital inclusion, and institutional capacity are strategically aligned.

Study	Method and sample	Key findings	Relevance to rewritten argument
McIntyre et al. (2025)	Survey, n = 1,245 diverse majors, 44% STEM	STEM students judged online courses less enjoyable, less flexible, and more effortful than non-STEM peers; perceptions explained substantial variance in future online enrollment intentions	Shows that online STEM participation is motivationally fragile unless design quality is improved
Van Wart et al. (2025)	Large-sample comparison, n = 727 across four STEM fields	Most active learning techniques were viewed as helpful; both faculty and students preferred required rather than optional participation	Shows that online STEM success depends on design-integrated active learning, not optional extras
Xu et al. (2025)	Professional-development study, 79 faculty across eight institutions	Humanizing online STEM PD improved confidence, equity awareness, and interpersonal course design	Demonstrates institutional leverage through faculty development
Alshammari & Alrehaili (2025)	SEM with 220 online university students	Social and cognitive presence significantly predicted engagement; teaching presence alone did not directly do so	Indicates that interaction quality, not instructor visibility alone, drives engagement
Deiglmayr et al. (2025)	Large cohort, 2,074 first-year mathematics-intensive STEM undergraduates	Women entered with lower prior knowledge and higher stress/belonging uncertainty, yet compensated partly in GPA	Shows why STEM equity must address preparation and socio-emotional costs, not only retention counts
Guo et al. (2025)	Nationwide survey, 19,108 undergraduates from 39 universities in China[26]	Program resources, mentoring, peer interactions, and self-efficacy shaped STEM career commitment differently by gender	Demonstrates that institutional program design affects commitment through motivational mediators
Ahsan et al. (2023)	Systematic review	Micro-credential implementation in higher education is promising but fragmented across stakeholders and purposes	Establishes the review's credentialing foundation
Reed et al. (2024)	Higher education case study	Faculty design principles for micro-credentials vary between assessment, credential, or hybrid logics	Explains why institutional implementation remains uneven
Mitchell et al. (2025)	Modified Delphi, 53 participants	Consensus-driven framework emphasized	Supports the argument that quality

Study	Method and sample	Key findings	Relevance to rewritten argument
		competency evidence and standards for recognition	assurance is central, not peripheral
Liu & Kringos (2025)	Systematic review on widening participation in STEM universities	Barriers are distributed across social, institutional, and psychological domains	Shows that access problems are systemic and require multi-level reform

Table 1. Comparative Evidence on Digital Learning, Motivation, Equity, and Micro-Credentialing in STEM Higher Education

The core comparative lesson is that the same reform can produce opposite outcomes depending on the level of alignment among course design, equity supports, and institutional governance. Active learning can motivate, but it can also exclude if equity is left implicit. Micro-credentials can widen opportunity, but they can also create an incoherent marketplace if quality assurance and recognition are weak. Online delivery can widen access, but it can also reduce STEM participation when rigor is decoupled from interaction and belonging. [27]

PRISMA Flowchart

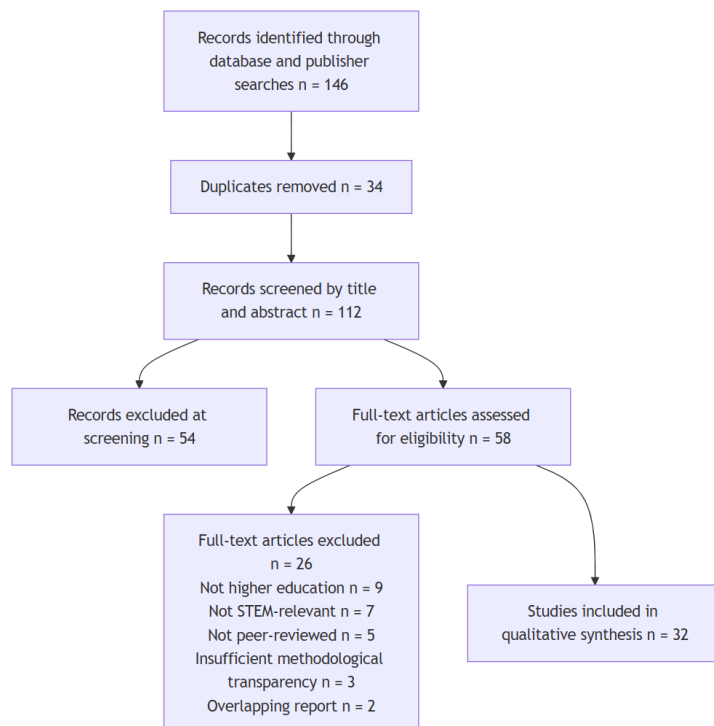


Figure 1. PRISMA Flow Diagram of the Literature Selection Process

The PRISMA flowchart in Figure 1 presents the systematic process of identifying, screening, assessing, and selecting relevant studies for the narrative synthesis. It enhances methodological transparency by showing how articles were filtered based on relevance, eligibility, and inclusion criteria. Figure 1 presents the PRISMA flow diagram used to document the literature selection process for this review. The process began with 146 records identified through

database and publisher searches. After the removal of 34 duplicate records, 112 records remained for title and abstract screening. During this screening stage, 54 records were excluded because they did not meet the review focus or eligibility criteria. The remaining 58 full-text articles were assessed for eligibility. From these, 26 full-text articles were excluded for specific reasons: 9 were not focused on higher education, 7 were not STEM-relevant, 5 were not peer-reviewed, 3 had insufficient methodological transparency, and 2 were overlapping reports. Finally, 32 studies were included in the qualitative synthesis. This process enhances the transparency and credibility of the review by showing how the final body of literature was systematically identified, screened, and selected.

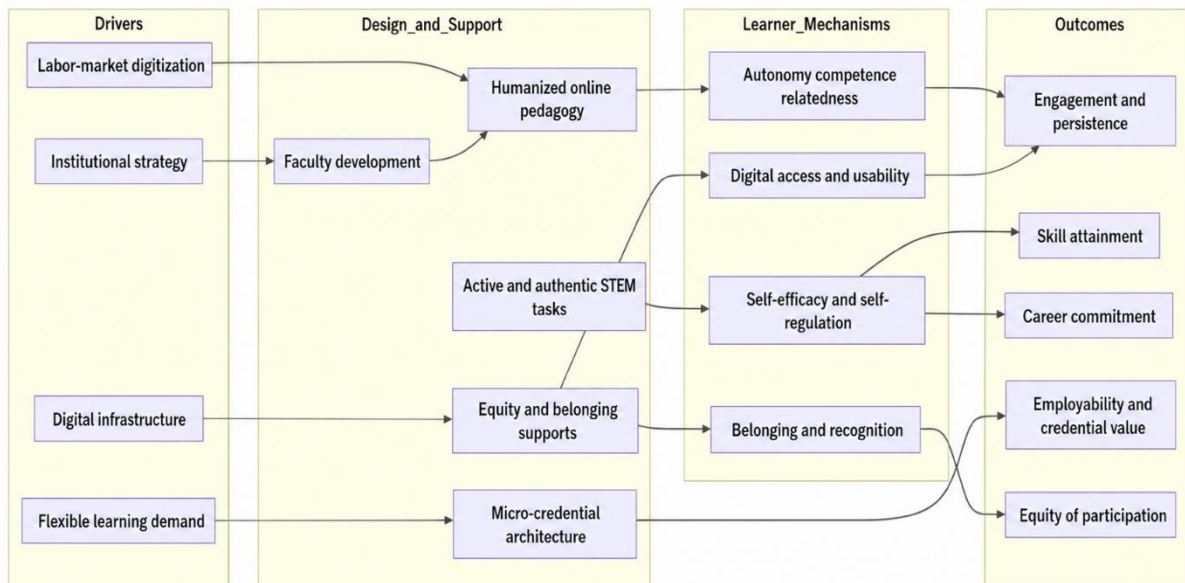


Figure 2. Conceptual Framework for STEM Higher Education Transformation

Figure 2 shows the conceptual framework for STEM higher education transformation. The framework begins with key drivers such as labour-market digitization, institutional strategy, digital infrastructure, and flexible learning demand. These drivers encourage higher education institutions to improve their design and support systems through faculty development, humanized online pedagogy, active STEM tasks, equity support, and micro-credential architecture. These design elements then influence learner mechanisms, including autonomy, competence, digital access, self-efficacy, self-regulation, belonging, and recognition. When these mechanisms are supported, they lead to stronger outcomes such as student engagement, skill attainment, career commitment, employability, credential value, and equity of participation. In short, the figure shows that STEM transformation depends on the alignment between technology, pedagogy, inclusion, micro-credentials, and institutional readiness.

Theme Frequency Chart

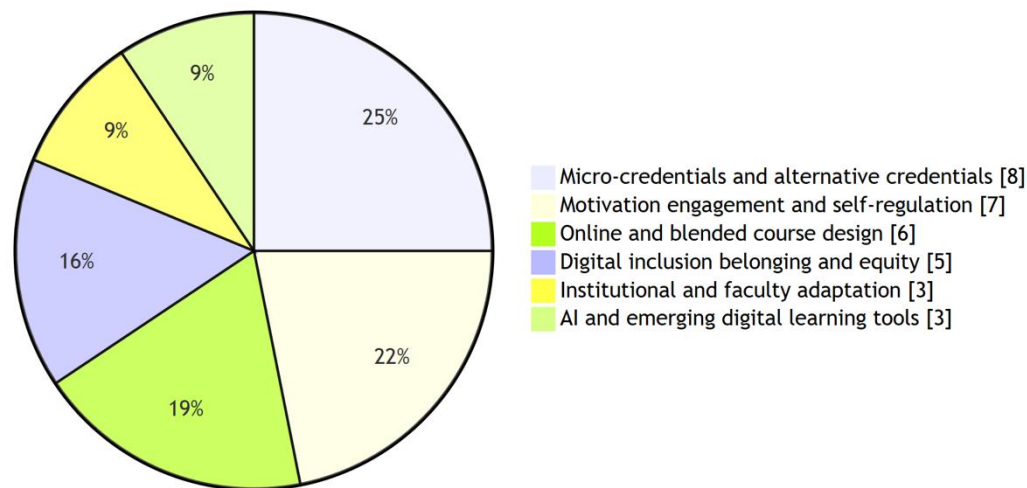


Figure 3. Frequency Distribution of Narrative Themes in the Reviewed Literature

Figure 3 shows the distribution of the main narrative themes found in the reviewed literature. The largest theme is micro-credentials and alternative credentials, representing 25% of the reviewed studies. This is followed by motivation, engagement and self-regulation at 22%, and online and blended course design at 19%. Digital inclusion, belonging and equity represent 16% of the studies, while institutional and faculty adaptation and AI-related digital learning tools each represent 9%. This shows that most studies focus on micro-credentials, motivation and online learning design, while fewer studies examine institutional readiness, faculty adaptation and AI. Therefore, the figure highlights both dominant research trends and areas that need further investigation in STEM higher education transformation.

Conclusion

Transforming STEM higher education requires a shift in how the problem is defined. The strongest evidence does not support a technology first account. Instead, it shows that successful transformation depends on whether institutions can create motivating course designs, inclusive digital ecologies, trustworthy micro-credential systems, and faculty/institutional conditions that sustain all three. Where these align, digital transformation can improve participation, engagement, and employability. Where they do not, reform risks becoming administratively visible but educationally shallow. The practical implication is simple but demanding STEM transformation should be judged not by the presence of platforms or badges, but by whether students experience them as meaningful, equitable, and consequential. [25]

Reference Evidence Table

Reference	DOI or stable URL
Ahsan et al. (2023)	https://doi.org/10.1007/s10639-023-11739-z
Ahad et al. (2025)	https://doi.org/10.1007/s10639-025-13317-x
Alangari (2022)	https://doi.org/10.29333/ejmste/11986
Alshammari & Alrehaili (2025)	https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105183
Choi et al. (2025)	https://doi.org/10.1007/s41979-025-00153-4

Reference	DOI or stable URL
Cian & Dou (2024)	https://doi.org/10.1002/tea.21937
Deiglmayr et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.lindif.2025.102762
Gamage & Dehideniya (2025)	https://doi.org/10.3390/educsci15050525
Guo et al. (2025)	https://doi.org/10.1186/s40594-025-00569-9
Gwada et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100286
Ilić et al. (2024)	https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.20
Kumar et al. (2022)	https://doi.org/10.1186/s41239-022-00323-z
Lampropoulos & Kinshuk (2024)	https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3
Leitão et al. (2022)	https://doi.org/10.1007/s10639-021-10651-8
Liu & Kringos (2025)	https://doi.org/10.1186/s40594-025-00580-0
Luo & Liu (2025)	https://doi.org/10.1080/15391523.2025.2487279
McIntyre et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2025.100995
Mitchell et al. (2025)	https://doi.org/10.1186/s12960-024-00969-y
Parsons et al. (2025)	https://doi.org/10.1007/s44217-025-00990-w
Price & Winchester (2025)	https://doi.org/10.1007/s13384-025-00859-9
Ramírez-Montoya et al. (2024)	https://doi.org/10.1080/07380569.2024.2322164
Reed et al. (2024)	https://doi.org/10.1007/s44217-024-00100-2
Runa et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100683
Shank et al. (2025)	https://doi.org/10.1007/s11423-024-10410-9
Sullivan (2025)	https://doi.org/10.1007/s10755-025-09817-w
Van Wart et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100309
Varadarajan et al. (2023)	https://doi.org/10.1186/s41239-023-00381-x
Vilhunen et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100987
Wang et al. (2024)	https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167
Xu et al. (2025)	https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2025.100998
PRISMA 2020 statement paper	https://doi.org/10.1136/bmj.n71

References

- Ahad, M. T., Ahmed, F., Bhowmik, A. C., Mim, Z. M., Anu, A. D., & Busch, P. (2025). Exploring micro-credential affordances in Bangladeshi higher education. *Education and Information Technologies*, 30(10), 13565–13597. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13317-x>
- Ahsan, K., Akbar, S., Kam, B., & Abdulrahman, M. D.-A. (2023). Implementation of micro-credentials in higher education: A systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 28, 13505–13540. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11739-z>
- Alangari, T. S. (2022). Online STEM education during COVID-19 period: A systematic review of perceptions in higher education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5), em2105. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11986>

- Alshammari, S. H., & Alrehaili, T. A. (2025). The effect of teaching, social, and cognitive presence on student engagement in online courses: A structural equation modelling approach. *Acta Psychologica*, 258, 105183. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105183>
- Choi, Y. H., Theobald, E. J., & Eddy, S. L. (2025). Conceptualization and enactment of equity in active learning: STEM instructors' perspectives. *Journal for STEM Education Research*, 8(4), 585–615. <https://doi.org/10.1007/s41979-025-00153-4>
- Cian, H., & Dou, R. (2024). Masculinized discourses of STEM interest, performance, and competence that shape university STEM students' recognition of a "STEM person." *Journal of Research in Science Teaching*, 61(5), 1062–1092. <https://doi.org/10.1002/tea.21937>
- Deiglmayr, A., Berkowitz, M., Rüttsche, B., Dittmann, N., Schubert, R., & Stern, E. (2025). Catching up? Sex differences in prior conceptual knowledge, socio-emotional experiences, and academic achievements among STEM undergraduates. *Learning and Individual Differences*, 122, 102762. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2025.102762>
- Gamage, K. A. A., & Dehideniya, S. C. P. (2025). Unlocking career potential: How micro-credentials are revolutionising higher education and lifelong learning. *Education Sciences*, 15(5), 525. <https://doi.org/10.3390/educsci15050525>
- Guo, C., Wu, W., Hu, T., & Gao, T. (2025). Unequal access, equal outcomes? Gender differences in the relationship between university-led STEM program factors and undergraduates' career commitment in STEM. *International Journal of STEM Education*, 12, Article 46. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00569-9>
- Gwada, D., Tondeur, J., Bruggeman, B., Liyala, S., & Abeka, S. O. (2025). Bridging higher educators' beliefs and practice in online education: A qualitative systematic review. *Computers and Education Open*, 9, 100286. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100286>
- Ilić, J., Ivanović, M., & Klačnja-Milićević, A. (2024). Effects of digital game-based learning in STEM education on students' motivation: A systematic literature review. *Journal of Baltic Science Education*, 23(1), 20–36. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.20>
- Kumar, J. A., Richard, R. J., Osman, S., & Lawrence, K. (2022). Micro-credentials in leveraging emergency remote teaching: The relationship between novice users' insights and identity in Malaysia. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00323-z>
- Lampropoulos, G., & Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 72(3), 1691–1785. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>
- Leitão, R., Maguire, M., Turner, S., & Guimarães, L. (2022). A systematic evaluation of game elements effects on students' motivation. *Education and Information Technologies*, 27(1), 1081–1103. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10651-8>
- Liu, Z., & Kringos, N. (2025). What prevents STEM universities from widening participation? A systematic literature review on global experiences. *International Journal of STEM Education*, 12, Article 63. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00580-0>
- Luo, J., & Liu, X. (2025). What do we mean by digital equality in education? Toward five conceptual lenses based on a systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/15391523.2025.2487279>
- McIntyre, M. M., Cui, G., & Hou, Y. (2025). Virtual avoidance: Examining STEM students' lower interest in online courses. *The Internet and Higher Education*, 65, 100995. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2025.100995>

- Mitchell, S., Hart, J., Gharaibeh, M., McMahon, G. T., Rhoda, A., Fitzpatrick, S., Wuliji, T., & Janczukowicz, J. (2025). Principles to award learning achievements for lifelong learning in health using micro-credentials: An international Delphi study. *Human Resources for Health*, 23, Article 1. <https://doi.org/10.1186/s12960-024-00969-y>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Parsons, D., Sparks, H., Singh, A., & Vo, D. (2025). Microcredentials as a mechanism for developing human capital in postgraduate education in New Zealand. *Discover Education*, 4, Article 557. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00990-w>
- Price, E., & Winchester, T. (2025). Designing for diversity: A scoping review of equity in higher education's blended learning practices. *The Australian Educational Researcher*, 52, 3465–3483. <https://doi.org/10.1007/s13384-025-00859-9>
- Ramírez-Montoya, M.-S., Weber, J. C., Cox, G., & Tenorio-Sepúlveda, G.-C. (2024). Inclusive digital education on open platforms: A case study of the complexity of the future of education. *Computers in the Schools*, 43(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/07380569.2024.2322164>
- Reed, A., Kong, Y., & Abramovich, S. (2024). Assessment, credential, or both? Higher education faculty's design principles for micro-credentials. *Discover Education*, 3, Article 16. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00100-2>
- Runa, S. N., McCartan, A., Du, Y., Becker, B. A., & Mooney, C. (2025). Sense of belonging in undergraduate computing students: A scoping review. *Educational Research Review*, 47, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100683>
- Shank, E., Tang, H., & Morris, W. (2025). Motivation in online course design using self-determination theory: An action research study in a secondary mathematics course. *Educational Technology Research and Development*, 73, 415–441. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10410-9>
- Sullivan, C. (2025). A rubric for microcredential evaluation: Strengthening quality assurance. *Innovative Higher Education*, 50, 2067–2091. <https://doi.org/10.1007/s10755-025-09817-w>
- Van Wart, M., McIntyre, M., Zhang, J., Medina, P., Ni, A., & Njuaem, L. (2025). The perceived importance of active learning techniques in online STEM courses. *Computers and Education Open*, 9, 100309. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100309>
- Varadarajan, S., Koh, J. H. L., & Daniel, B. K. (2023). A systematic review of the opportunities and challenges of micro-credentials for multiple stakeholders: Learners, employers, higher education institutions and government. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 13. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00381-x>
- Vilhunen, E., Vesterinen, V.-M., Äijälä, M., Salovaara, J., Siponen, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., & Riuttanen, L. (2025). Promoting university students' situational engagement in online learning for climate education. *The Internet and Higher Education*, 64, 100987. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100987>
- Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252, 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>

Xu, D., Liu, Y., Meng Shea, Z., Vincent-Layton, K., White, J., & Pacansky-Brock, M. (2025). Humanizing college online instruction: The effects of professional development on faculty perceptions and instructional practices. *The Internet and Higher Education*, 65, 100998. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2025>.

MICRO-CREDENTIALS IN HIGHER EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF SKILL GAPS, EMPLOYABILITY, AND POLICY READINESS IN THE DIGITAL AGE

Halimaton Sa'adiyah Ariffin^{1}, Rajermani Thinakaran²*

¹ Tamhidi Centre, Universiti Sains Islam Malaysia, Malaysia

^{1,2} Faculty of Data Science and Information Technology, INTI International University, Malaysia

Corresponding Email: halimaton@usim.edu.m.my

ABSTRACT

Micro-credentials have become a prominent institutional and policy response to rapid technological change, shifting labour-market demand and increasing pressure on higher education institutions to offer flexible, skills-focused pathways. This systematic review synthesises recent peer-reviewed and official-policy literature published between 2022 and 2025 to examine how micro-credentials are conceptualised, implemented, quality-assured and linked to graduate employability in higher education. A reconstructed PRISMA-aligned workflow was used to identify and synthesise 34 documents, comprising empirical studies, systematic reviews, conceptual papers and policy or standards documents. The findings show that micro-credentials are increasingly positioned as stackable units of assessed learning that can complement degrees, widen access and support lifelong learning. However, their employability value is neither automatic nor uniform. It depends on competency clarity, authentic assessment, employer participation, transparent metadata, trusted digital verification, quality assurance and recognition within qualifications frameworks. The review proposes an integrated conceptual framework in which policy alignment, institutional readiness, credential design quality and trusted verification mediate the relationship between micro-credential participation and employability outcomes. The paper concludes that micro-credentials can strengthen higher education responsiveness when embedded within credible ecosystems of standards, recognition and learner support, but stronger longitudinal evidence is still needed on wages, progression and long-term career mobility.

Keywords: micro-credentials; higher education; graduate employability; lifelong learning; digital credentials; quality assurance; policy readiness; systematic review

1. Introduction

Higher education is increasingly required to respond to a labour market characterised by digital transformation, technological disruption, shorter skill cycles and more complex patterns of career mobility. Traditional degrees remain important because they provide broad disciplinary formation, intellectual development and recognised academic status. Nevertheless, they are often criticised for being slow to update, costly to complete and insufficiently responsive to rapidly changing skill requirements. Within this context, micro-credentials have emerged as a flexible form of learning that can recognise smaller volumes of assessed competency and connect academic learning with industry-relevant outcomes.

Micro-credentials are generally understood as records of learning outcomes acquired through short, targeted and assessed learning experiences. They are commonly issued as digital certificates or badges and may include information about learning outcomes, workload, assessment, level, issuer and quality assurance. In higher education, they are often positioned as complementary to degree programmes rather than as direct replacements. Their appeal lies

in their potential to provide flexible entry points for learners, offer opportunities for upskilling and reskilling, and create a more agile relationship between universities and labour markets.

Recent scholarship indicates that the expansion of micro-credentials is driven by several converging pressures. Employers increasingly seek evidence of specific skills, graduates need to demonstrate competencies beyond general degree titles, and higher education institutions are exploring more modular and learner-centred curriculum structures. Policy bodies such as the OECD, UNESCO, the European Commission and the Malaysian Qualifications Agency have also encouraged clearer definitions and standards so that micro-credentials can become transparent, portable and recognisable across institutions and sectors.

However, enthusiasm for micro-credentials has also produced critical questions. The value of a micro-credential does not arise merely from its short duration or digital form. A short course without rigorous assessment, reliable metadata or employer recognition may add little value to learners. Similarly, a digital badge may communicate achievement only if employers understand what was assessed, who verified it and how it connects to existing qualifications. As a result, the central issue for higher education is no longer whether micro-credentials are innovative, but under what conditions they become credible, educationally meaningful and useful for employability.

The original manuscript on which this article is based adopted a narrative review approach and focused on the potential of micro-credentials to bridge skill gaps and improve employability in the digital age. This rewritten version upgrades the paper into a systematic review with critical interpretive synthesis. It narrows the research focus, strengthens methodological transparency, updates the evidence base to 2022-2025, removes unverifiable references, adds a PRISMA-style screening diagram, and proposes a conceptual framework suitable for journal submission.

The review addresses the following research question: How do recent studies and policy frameworks explain the capacity of higher education micro-credentials to improve employability, and what quality, recognition and policy conditions appear necessary for that effect to materialise? Three subsidiary questions guide the synthesis: (1) How are micro-credentials conceptualised in recent higher education literature? (2) What implementation challenges and enabling conditions are consistently reported? (3) How can micro-credentials be integrated into a conceptual model of employability, trust and policy readiness?

2. Background and Problem Statement

The shift toward micro-credentialing is part of a broader transformation in higher education. Universities are expected to provide graduates with durable disciplinary knowledge while also supporting specific competencies such as digital literacy, communication, problem solving, data skills, sustainability awareness and career adaptability. These expectations are especially visible in systems where graduate employability is a national priority and where education providers are urged to collaborate more closely with industry.

Although micro-credentials can support these aims, their implementation remains uneven. Across the literature, recurring challenges include inconsistent definitions, limited standardisation, weak employer understanding, inadequate quality assurance, unclear stackability, fragmented institutional governance and variable learner support. In some cases, micro-credentials are launched as marketing products before institutions have established clear approval processes, assessment standards or recognition pathways. This creates the risk that learners accumulate credentials that are visible but not meaningfully valued by employers or academic institutions.

The Malaysian context illustrates these opportunities and tensions. The Malaysian Qualifications Agency has provided guidance on stand-alone micro-credentials and the

Malaysian Qualifications Framework recognises flexible pathways and credit transfer. However, institutional practices remain at different stages of maturity. Some universities have developed strategic committees, digital platforms and industry partnerships, while others are still experimenting with definitions, pricing, assessment and sustainability models. This variability makes Malaysia a useful context for understanding how micro-credential policy requires institutional readiness before it can produce system-level value.

A major problem in the current literature is that employability is sometimes treated as an assumed outcome rather than as an empirically demonstrated effect. Many studies report learner interest, perceived usefulness or stakeholder optimism, but fewer provide longitudinal evidence of employment rates, wage growth, promotion or durable career mobility. This distinction matters for Q1-level scholarship because perceived employability and actual labour-market outcomes are related but not identical. The review therefore adopts a cautious position: micro-credentials may contribute to employability, but only when they are embedded in credible systems of design, recognition and trust.

Another problem is the dominance of single-stakeholder perspectives. Learners may value flexibility and affordability, employers may value evidence of assessed skill, universities may value curriculum agility, and governments may value workforce responsiveness. However, each stakeholder evaluates micro-credentials differently. A learner may see a credential as beneficial for confidence; an employer may question its rigour; a regulator may ask whether it aligns with national frameworks. A strong conceptual model must therefore treat micro-credentials as ecosystem-dependent rather than as isolated learning products.

3. Literature Review

3.1 Conceptualisation of micro-credentials

The literature from 2022 to 2025 increasingly defines micro-credentials as smaller units of assessed learning that certify specific competencies. Unlike informal participation certificates, credible micro-credentials should contain evidence of learning outcomes, assessment, workload, level, issuer and quality assurance. This distinction is essential because the term is sometimes used loosely to describe short courses, badges, certificates, modules or professional development activities. Without a clear definition, stakeholders cannot reliably compare credentials across providers or sectors.

Recent definitions also emphasise stackability and portability. Stackability refers to the possibility that smaller credentials can be combined toward a larger qualification, professional pathway or credit-bearing programme. Portability refers to the ability of learners to carry and present credentials across institutions, employers and national systems. These qualities are central to policy interest in micro-credentials because they allow learning to become more flexible without abandoning formal recognition. However, stackability and portability are not guaranteed. They require common descriptors, credit policies, trusted issuers and interoperable digital systems.

3.2 Micro-credentials, employability and human capital

From a human capital perspective, micro-credentials can be understood as targeted investments in skills that may increase productivity, employability and career adaptability. Their shorter duration allows learners to update specific competencies more quickly than through full degree programmes. This is attractive in fields where digital tools, professional standards or industry practices change rapidly. For graduates, micro-credentials may provide additional signals of job readiness; for working adults, they may support reskilling or career transition.

However, a human capital explanation alone is incomplete. Learning a skill does not automatically produce labour-market value unless the achievement is recognised by others. A micro-credential must therefore operate as both a learning experience and a signal. Its employability value depends on how clearly it communicates what was learned, how learning was assessed and whether employers trust the issuing institution. This means that micro-credentials occupy a space between education, labour-market signalling and credential governance.

3.3 Quality assurance and standards

Quality assurance is one of the strongest themes in recent literature. Scholars and policy bodies repeatedly argue that micro-credentials must be governed by clear standards if they are to be trusted. Quality assurance includes programme approval, learning outcome design, assessment validity, learner identity verification, staff capability, data transparency, external review and mechanisms for continuous improvement. Without these mechanisms, micro-credentials may become fragmented, commercially attractive but academically weak.

Quality assurance also shapes equity. If credentials are expensive, poorly supported or disconnected from formal recognition, they may benefit learners who already possess social and economic advantages. Conversely, well-designed micro-credentials can widen access by providing flexible entry points, allowing learners to demonstrate skills gradually and supporting lifelong learning for adults who cannot enrol in full-time programmes. This dual possibility explains why quality, affordability and recognition must be considered together.

3.4 Digital verification, metadata and trust

Digital verification is increasingly important because many micro-credentials are issued online. Verifiable digital credentials can include metadata about issuer identity, learning outcomes, assessment, workload, level, date, evidence and expiry where relevant. This metadata improves interpretability and reduces ambiguity for employers and other institutions. It also allows learners to share credentials across digital platforms and professional profiles.

Nevertheless, digital form should not be confused with credibility. A badge can be technically verifiable but educationally weak if it lacks authentic assessment or external recognition. Conversely, a well-assessed credential may remain undervalued if its evidence is not accessible or understandable to employers. Trust therefore emerges from the interaction of three elements: rigorous learning design, transparent digital representation and recognition by credible institutions or industry partners.

3.5 Critical perspectives

Critical literature warns that micro-credentials may contribute to the marketisation and unbundling of higher education if they are framed only as employability products. This critique is important because higher education is not merely a training provider; it also supports critical thinking, citizenship, ethical reasoning and disciplinary depth. If micro-credentials are designed narrowly around immediate labour-market demand, they may reduce learning to short-term skills and weaken broader educational purposes.

A balanced position is therefore needed. Micro-credentials should not be rejected simply because they are linked to employability, nor should they be accepted uncritically as a solution to every skills problem. Their value depends on whether they are integrated into coherent learning pathways, assessed rigorously, aligned with meaningful competencies and connected to learner development. The best micro-credential systems combine labour-market relevance with academic quality and inclusive access.

4. Theoretical and Conceptual Framework

This review integrates four theoretical lenses. First, human capital theory explains why learners and institutions invest in shorter forms of skills development. Micro-credentials can enhance human capital when they provide targeted competencies that improve productivity, adaptability and readiness for employment. Second, signalling theory explains why credentials matter beyond learning itself. Employers rely on signals to interpret applicant capability; therefore, micro-credentials must communicate evidence of skill clearly and credibly.

Third, technology acceptance logic helps explain stakeholder adoption. Learners, lecturers and employers are more likely to accept micro-credentials when they perceive them as useful, easy to access and relevant to goals. However, perceived usefulness is shaped by recognition, cost, platform quality and the credibility of issuing institutions. Fourth, lifelong learning theory positions micro-credentials as part of a continuing learning pathway, especially for adults who need flexible opportunities to upskill and reskill.

The conceptual framework in Figure 1 proposes that micro-credential outcomes depend on relationships among ecosystem enablers, institutional readiness, credential design quality and mediating mechanisms of trust, recognition and perceived value. In this model, policy frameworks and employer participation create external legitimacy; institutional readiness ensures governance and support; credential design quality determines academic value; and digital trust infrastructure enhances visibility and portability. Employability outcomes then emerge through learner confidence, skill visibility, recognition and progression opportunities.

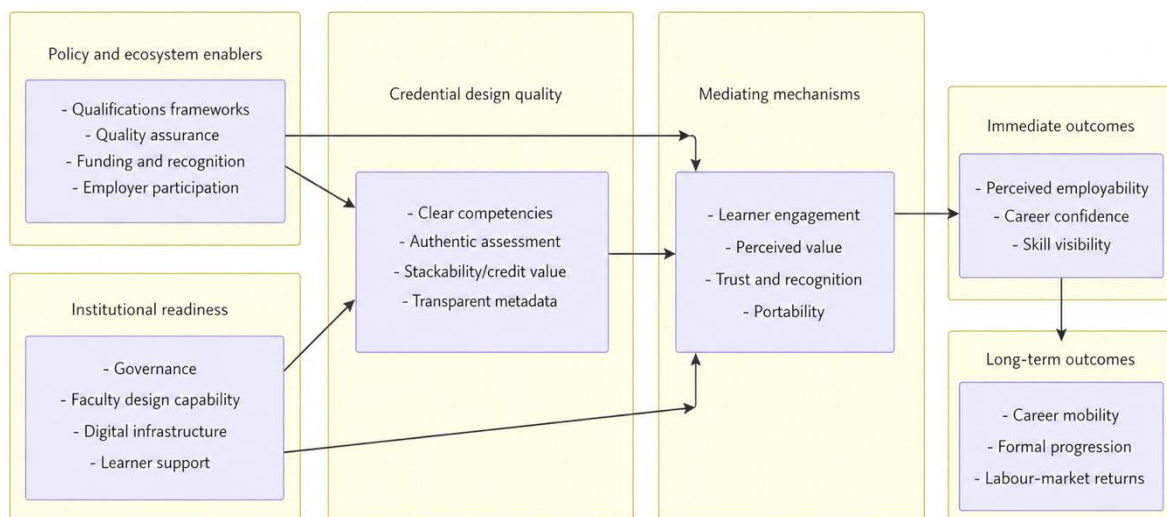


Figure 1. Integrated conceptual framework linking micro-credentials to employability outcomes.

5. Methodology

5.1 Review design

This article uses a systematic review with critical interpretive synthesis. The systematic review component provides transparency in identifying, screening and selecting sources. The critical interpretive component allows the review to integrate peer-reviewed studies with policy and standards documents, which is necessary because micro-credential practice is strongly shaped by regulatory frameworks and institutional guidelines. A conventional meta-analysis was not appropriate because the included literature uses diverse designs, including systematic reviews, case studies, surveys, conceptual analyses and policy reports.

The review was designed to upgrade the original narrative paper into a more rigorous journal article. The original paper reviewed selected literature and identified themes such as employability, skill gaps, standardisation, quality assurance and employer recognition. This rewritten version retains those themes but strengthens the review process by using explicit criteria, a transparent screening flow and a more current 2022-2025 evidence base.

5.2 Search strategy and eligibility criteria

The search focused on English-language sources published between January 2022 and December 2025. Search terms included combinations of micro-credential, microcredential, digital credential, digital badge, higher education, employability, graduate employability, lifelong learning, quality assurance, recognition, stackability, policy and standards. Sources were identified through publisher platforms, academic databases, journal websites and official repositories of policy organisations.

Eligibility criteria were established to ensure relevance and validity. Included sources had to: (1) be published between 2022 and 2025; (2) focus explicitly on micro-credentials or closely related digital credentials; (3) address higher education, lifelong learning, employability or policy recognition; and (4) provide sufficient methodological, conceptual or policy detail to support synthesis. Excluded sources were those focused only on general online learning without micro-credentials, papers outside the publication window, inaccessible sources, non-English sources and documents with insufficient bibliographic information.

Criterion	Included	Excluded
Publication period	2022-2025 only	Pre-2022 sources excluded except when mentioned as historical theory
Topic focus	Micro-credentials, digital credentials, badges or short assessed learning	General online learning without credential focus excluded
Educational context	Higher education, lifelong learning or graduate employability	Purely school-level or unrelated corporate training excluded
Evidence type	Peer-reviewed articles and official policy/standards documents	Unverifiable webpages, anonymous reports and duplicate records excluded
Language/access	English sources with valid bibliographic details	Non-English or inaccessible full sources excluded

Table 1. Eligibility criteria used for the reconstructed systematic review.

5.3 Screening and synthesis

Figure 2 presents the reconstructed PRISMA 2020 flow diagram used to guide the literature selection process for this systematic review. The review initially identified 162 records from academic databases and publisher searches, together with 18 records from official policy, quality assurance, and standards sources. This resulted in 180 initial records. After duplicate records were removed, 146 records remained for title and abstract screening. At this stage, 89 records were excluded because they did not sufficiently meet the review focus. A total of 57 full-text reports and articles were then assessed for eligibility. From these, 23 sources were excluded for specific reasons: 8 were published before 2022, 6 were not focused on higher education, 5 had insufficient methodological or policy detail, and 4 were non-English or inaccessible. Finally, 34 documents were included in the qualitative synthesis, consisting of 26 peer-reviewed studies and 8 policy or standard documents.

The synthesis followed a thematic approach. Each source was read for definitions, purposes, contexts, methods, findings, implementation conditions and reported outcomes. Themes were then compared across stakeholder groups: learners, higher education institutions, employers and policy actors. The synthesis prioritised patterns that recurred across multiple sources, especially those related to quality assurance, recognition, employability, institutional readiness and digital trust.

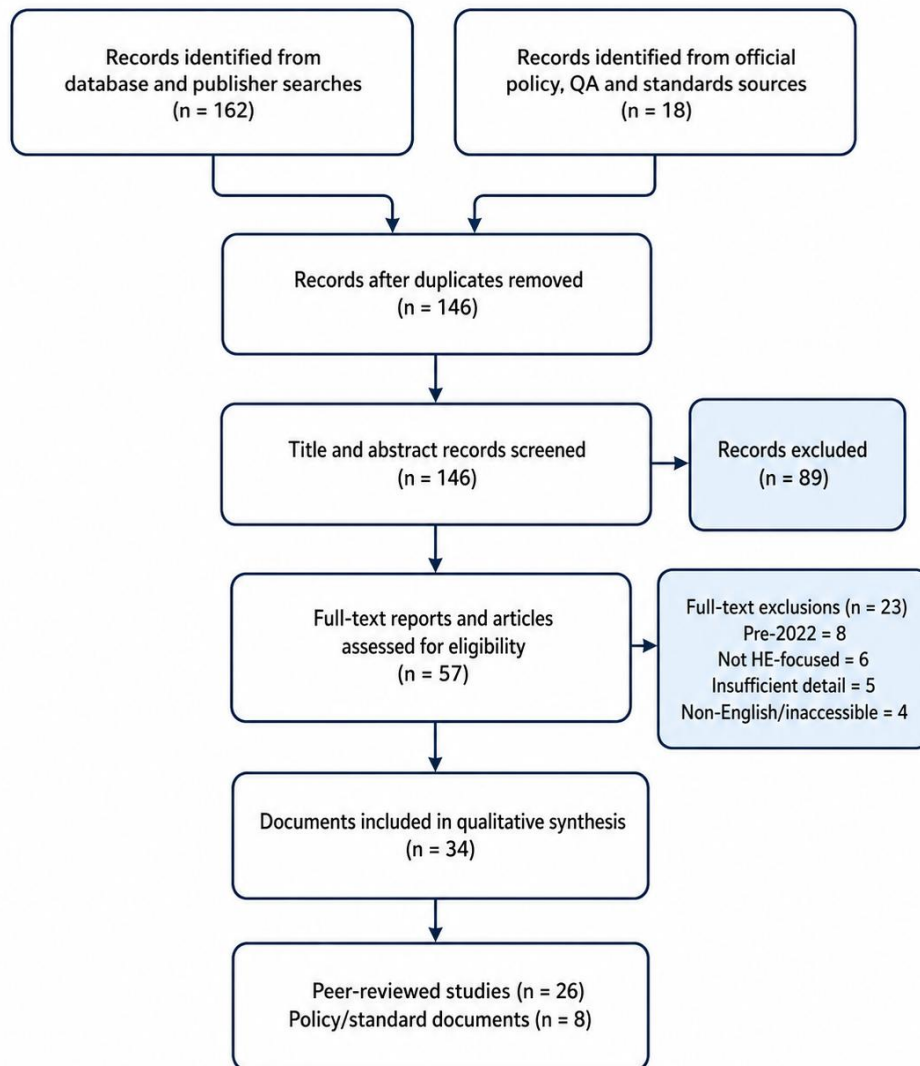


Figure 2. Reconstructed PRISMA 2020 flow diagram for the systematic review.

6. Findings

6.1 Micro-credentials are positioned as flexible and stackable pathways

The first major finding is that micro-credentials are increasingly positioned as flexible and stackable pathways rather than as isolated certificates. Policy documents and academic studies describe them as mechanisms for widening access, supporting career transition, enabling lifelong learning and allowing learners to accumulate evidence of specific competencies. This framing is important because it moves micro-credentials beyond short-term training and places them within a credential ecosystem.

However, stackability remains more advanced in policy rhetoric than in practice. For stackability to be meaningful, institutions must specify credit value, level, workload, learning

outcomes and articulation arrangements. Learners need to know whether a micro-credential can be counted toward a degree or professional qualification. Employers need to understand how it relates to occupational competencies. Without these connections, micro-credentials may remain supplementary achievements with limited cumulative value.

6.2 Design quality determines educational value

The second major finding is that design quality is the foundation of micro-credential value. High-quality micro-credentials are competency-based, outcomes-oriented and assessed through authentic tasks. They require alignment among learning outcomes, activities, assessment evidence and credential metadata. Faculty design capability is therefore central. When lecturers understand how to design assessable competencies and meaningful evidence, micro-credentials can strengthen curriculum relevance. When design is weak, the credential may become a superficial badge attached to routine participation.

Recent literature also emphasises learner experience. A micro-credential may be short, but it still requires clear instructions, accessible digital platforms, timely feedback, support mechanisms and meaningful assessment. Learners need to understand not only what they are learning, but also how the credential can be used for academic progression or career presentation. This implies that learner support should be part of micro-credential quality assurance rather than an optional service.

6.3 Employer recognition is essential but inconsistent

The third finding concerns employer recognition. Employers are generally interested in concise evidence of specific skills, especially where the credential is issued by a reputable institution or developed with industry input. However, employers often remain uncertain about how to interpret micro-credentials. They may ask whether the credential involved rigorous assessment, whether the issuing institution is credible, whether the skill is relevant to the job, and whether the credential can be compared with other qualifications.

This recognition gap explains why industry collaboration is repeatedly identified as an enabling condition. Employer involvement can occur through needs analysis, curriculum co-design, assessment validation, advisory panels, workplace projects and endorsement of credential outcomes. Such collaboration improves the alignment between credential content and labour-market expectations. It also increases the likelihood that employers will recognise and trust the credential.

6.4 Digital trust infrastructure improves portability

The fourth finding is that digital trust infrastructure improves portability and interpretability. A micro-credential that includes rich metadata can provide information about issuer, date, level, workload, learning outcomes, assessment criteria, evidence and quality assurance. This information helps employers and institutions interpret what the learner has achieved. Digital verification also reduces the risk of fraud and allows learners to share credentials through online profiles or credential wallets.

Nevertheless, digital infrastructure is not enough on its own. Trust requires both technical verification and educational credibility. A credential can be technically valid but academically weak if the assessment is superficial. Conversely, strong assessment may be undervalued if metadata are unclear or the credential cannot be easily shared. Therefore, institutions need both robust academic governance and reliable digital credential systems.

6.5 Policy convergence coexists with implementation fragmentation

The fifth finding is that policy convergence is emerging, but implementation remains fragmented. International bodies increasingly call for common definitions, quality assurance,

transparency and portability. The European approach to micro-credentials provides a structured example of how policy can support recognition across sectors and borders. In Malaysia, MQA guidance supports stand-alone micro-credentials and quality verification. These developments are important because they provide a basis for institutional planning.

At the same time, implementation varies across institutions. Some universities have clear micro-credential strategies, dedicated committees, platform infrastructure and employer partnerships. Others are still experimenting with course design, pricing, assessment and recognition. Fragmentation is not necessarily a failure at an early stage of innovation, but it becomes problematic if learners cannot understand the value of credentials or if employers encounter inconsistent quality.

Theme	Main finding	Implication
Flexible pathways	Micro-credentials support modular learning, upskilling and reskilling.	Credit value and stackability must be explicit.
Design quality	Clear competencies and authentic assessment determine educational value.	Lecturers need design capability and institutional guidelines.
Employer recognition	Employers value concise skill evidence but require trust and clarity.	Industry co-design and validation improve recognition.
Digital trust	Metadata and verification improve transparency and portability.	Technical verification must be matched with academic rigour.
Policy readiness	Frameworks are emerging internationally and in Malaysia.	Institutional implementation remains uneven.

Table 2. Summary of major findings from the 2022-2025 synthesis.

7. Discussion

7.1 Micro-credentials as ecosystem-dependent credentials

The findings show that micro-credentials should be treated as ecosystem-dependent credentials. Their value cannot be assessed solely by course duration, completion rate or learner satisfaction. A micro-credential becomes meaningful when it is connected to a larger system of quality, recognition and trust. This means that the same credential format may have different value across contexts depending on the reputation of the issuer, employer involvement, assessment rigour and policy alignment.

This ecosystem view helps explain the tension in the literature. Many authors are optimistic because micro-credentials can make learning more flexible and responsive. Others are cautious because fragmented implementation can create confusion, inequity and weak recognition. Both positions are valid. The evidence suggests that micro-credentials have potential, but that potential is conditional. Universities must therefore move from launching credentials to governing them strategically.

7.2 Relationship with employability

The review supports the claim that micro-credentials can contribute to employability, but it also shows that employability must be defined carefully. Many studies measure perceived employability, such as learner confidence, perceived CV value, interest in training and belief that credentials improve job readiness. These outcomes are important because confidence and self-presentation can influence career behaviour. However, they are not the same as employment rates, salaries or promotions.

A Q1-standard interpretation must therefore avoid overclaiming. Micro-credentials are best understood as mechanisms that may enhance employability through skill acquisition, signalling, confidence and recognition. Whether these mechanisms produce measurable labour-market returns depends on employer trust, credential relevance, learner background, economic conditions and institutional reputation. Future research should therefore examine not only whether learners like micro-credentials, but whether they lead to career progression over time.

7.3 Implications for Malaysian higher education

For Malaysian higher education, micro-credentials offer an opportunity to strengthen graduate readiness and support national agendas related to digital transformation, lifelong learning and workforce development. The existence of MQA guidance provides an important foundation. However, institutional readiness remains central. Universities need internal governance structures, quality assurance procedures, digital credential platforms, staff training and industry advisory mechanisms.

Malaysia's multicultural and economically diverse learner population also requires attention to access and equity. Micro-credentials may support working learners and students who need flexible pathways, but cost, digital access and awareness can become barriers. Institutions should therefore design micro-credentials with affordability, accessibility and learner guidance in mind. Recognition pathways should also be explained clearly so that students understand whether credentials can contribute to credit transfer, professional development or employability portfolios.

7.4 Contribution to theory

The proposed framework contributes theoretically by integrating human capital, signalling, technology acceptance and lifelong learning perspectives. Human capital theory explains why learners invest in skills. Signalling theory explains why credentials must be legible to employers. Technology acceptance explains why stakeholders adopt or resist digital credential systems. Lifelong learning theory explains why modular pathways are attractive for continuous development. The integration of these lenses provides a stronger explanation than any single theory alone.

The framework also clarifies the mediating role of trust and recognition. Micro-credential participation is unlikely to influence employability directly in a simple linear way. Instead, participation produces assessed competencies, which become valuable when they are visible, understandable and trusted. This suggests that future empirical studies could test mediation models involving credential quality, perceived value, employer recognition and employability outcomes.

8. Practical and Policy Implications

For higher education institutions, the first implication is that micro-credentials should be governed through formal academic processes. Institutions should establish approval criteria, quality rubrics, assessment standards, review cycles and data systems before scaling provision. Micro-credentials should not be treated as isolated short courses managed only for marketing or revenue purposes. They should be embedded in curriculum strategy and linked to clear learning pathways.

For lecturers and curriculum designers, the implication is that micro-credentials require careful alignment. Each credential should specify the competency being certified, the learning activities that develop the competency, the evidence used to assess it, and the metadata that communicate the achievement. Authentic assessment is especially important because employers need evidence that learners can apply skills in realistic contexts.

For employers, the review suggests that passive recognition is insufficient. Employers should participate in needs analysis, advisory boards, curriculum co-design, assessment validation and workplace-based projects. Such involvement improves relevance and increases employer trust. Employers can also help universities identify emerging skill gaps and evaluate whether micro-credential outcomes correspond to workplace expectations.

For policymakers and regulators, the main implication is that recognition frameworks must be clear. Policies should clarify definitions, minimum information requirements, credit value, stackability, quality assurance expectations and the relationship between micro-credentials and formal qualifications. National frameworks can reduce confusion and increase portability, but they must remain flexible enough to support innovation.

For learners, institutions should provide guidance on how micro-credentials can be used. Students need support in selecting relevant credentials, presenting them in portfolios, connecting them to career goals and understanding their relationship to degree requirements. Without guidance, learners may accumulate credentials without a coherent strategy.

9. Limitations and Future Research

This review has several limitations. First, because the original manuscript did not include database export files or a complete screening log, the PRISMA flow in this rewritten article is reconstructed rather than audited from original search records. Authors should replace the counts with original database records if available before journal submission. Second, the review includes English-language sources only, which may underrepresent regional scholarship published in other languages. Third, the included literature is heterogeneous, making meta-analysis inappropriate.

Fourth, the evidence base remains dominated by perceptions, policy analysis and institutional case studies. While these sources are valuable, they do not provide sufficient evidence of long-term labour-market returns. Future research should use longitudinal designs to examine whether micro-credentials influence employment rates, wages, promotion, career transitions and progression into formal qualifications. Comparative studies across countries and institutional types would also strengthen understanding of policy readiness.

Future research should also examine equity. Micro-credentials may widen access, but they may also create new inequalities if high-value credentials are costly or if learners from disadvantaged backgrounds lack digital access and guidance. Studies should investigate who participates in micro-credentials, who benefits most and what forms of support are needed. Finally, research should explore how AI, blockchain, credential wallets and interoperable standards can improve verification while protecting learner data and privacy.

10. Conclusion

Micro-credentials have become an important part of contemporary higher education strategy. They offer flexible, targeted and potentially stackable opportunities for learners to develop and demonstrate specific competencies. Recent literature from 2022 to 2025 shows that micro-credentials can support lifelong learning, curriculum agility and perceived employability. However, their value is conditional rather than automatic.

The review demonstrates that micro-credentials are most likely to enhance employability when five conditions are present: clear competency articulation, authentic assessment, credible quality assurance, stackability or recognition within qualifications frameworks, and trusted digital verification. Without these conditions, micro-credentials risk becoming fragmented

signals that add complexity rather than value. With these conditions, they can complement degrees, support career development and strengthen the responsiveness of higher education.

The proposed conceptual framework positions micro-credentials within an ecosystem of policy alignment, institutional readiness, credential design quality and digital trust. This framework offers a basis for future empirical research and for institutional decision-making. For publication, the central contribution of this paper is its argument that micro-credentials should not be evaluated as short courses alone, but as quality-assured, digitally verifiable and socially recognised components of a broader credential ecology.

References

- Ahsan, K., Akbar, S., Kam, B. H., & Abdulrahman, M. D.-A. (2023). Implementation of micro-credentials in higher education: A systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 28, 13505-13540. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11739-z>
- Alasmari, T., & Alzahrani, A. (2024). Leveraging employment with micro-credentials: Policy and practice of the Middle East and North African universities. *Educational Technology Research and Development*, 72, 2501-2524. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10367-9>
- Alenezi, M., Akour, M., & Alfawzan, L. (2024). Evolving microcredential strategies for enhancing employability: Employer and student perspectives. *Education Sciences*, 14(12), Article 1307. <https://doi.org/10.3390/educsci14121307>
- Barrioluengo, M. S., Biagi, F., & Di Pietro, G. (2025). Micro-credentials in higher education: Are they boosting digital and green skills for the twin transition? Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/0157920>
- Bruguera, C., Pages, C., Peters, M., & Fito, A. (2025). Micro-credentials and soft skills in online education: The employers' perspective. *Distance Education*, 46(1), 50-76. <https://doi.org/10.1080/01587919.2024.2435645>
- Cheng, J. K., Yong, I. S.-C., Ch'ng, K. C., & Lim, H. T. (2025). Micro-credentials in Malaysian higher education: A comprehensive case study approach. *Education and Information Technologies*, 30, 10751-10775. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13278-7>
- Council of the European Union. (2022). Council recommendation of 16 June 2022 on a European approach to micro-credentials for lifelong learning and employability (2022/C 243/02). *Official Journal of the European Union*, C 243, 10-25.
- European Association for Quality Assurance in Higher Education. (2024). Working group report: Quality assurance of micro-credentials. ENQA.
- European Commission. (2024). A European approach to micro-credentials. European Education Area.
- Ferguson, R., & Whitelock, D. (2024). *Microcredentials for excellence: A practical guide*. Ubiquity Press. <https://doi.org/10.5334/bcz>
- Gamage, K. A. A., & Dehideniya, S. C. P. (2025). Unlocking career potential: How micro-credentials are revolutionising higher education and lifelong learning. *Education Sciences*, 15(5), Article 525. <https://doi.org/10.3390/educsci15050525>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams. *Campbell Systematic Reviews*, 18, Article e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>

- Ha, N. T. N., Van Dyke, N., & Spittle, M. (2025). Micro-credentials in higher education: Perceived benefits for graduate employability and interest levels in micro-credentials for training employability skills. *Studies in Higher Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/03075079.2025.2516709>
- Iatrellis, O., Samaras, N., & Kokkinos, K. (2024). Towards a capability maturity model for micro-credential providers in European higher education. *Trends in Higher Education*, 3(3), 504-527. <https://doi.org/10.3390/higheredu3030030>
- Islam, M. S. (2025). The emerging role of microcredentials in higher education: Advancing public health learning and beyond. *Journal of Biosciences and Public Health*, 1(1), 43-54. <https://doi.org/10.5455/JBPH.2025.04>
- Johan, R. C., Rullyana, G., Susilana, R., & Emilzoli, M. (2025). Micro-credentials in higher education: A review and bibliometric. *Journal of Education and Learning*, 19(2), 1103-1116. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i2.21281>
- Kiiskila, P., Kukkonen, A., & Pirkkalainen, H. (2023). Are micro-credentials valuable for students? Perspective on verifiable digital credentials. *SN Computer Science*, 4, Article 366. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-01797-y>
- Maina, M. F., Guardia, L., Mancini, F., & Martinez-Melo, M. (2022). A micro-credentialing methodology for improved recognition of HE employability skills. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, Article 10. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00315-5>
- Malaysian Qualifications Agency. (2023). *Garis panduan amalan baik: Verifikasi kualiti stand-alone micro-credentials (GGP: QVSAMC)*. MQA.
- Malaysian Qualifications Agency. (2024). *Malaysian qualifications framework (2nd ed.)*. MQA.
- McGreal, R., & Olcott, D. (2022). A strategic reset: Micro-credentials for higher education leaders. *Smart Learning Environments*, 9, Article 9. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00190-1>
- Narayanaswamy, R., Albers, C. S., Knotts, T. L., & Albers, N. D. (2024). Sustaining and reinforcing the perceived value of higher education: E-learning with micro-credentials. *Sustainability*, 16(20), Article 8860. <https://doi.org/10.3390/su16208860>
- Narong, D. K. (2025). Research trends on micro-credentials: A keyword co-occurrence analysis and science mapping. *Journal of Further and Higher Education*, 49(7), 1-19. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2025.2509578>
- Narcevic, I. (2024). A new agenda on micro-credentials: Filling the gaps in the European approach. *Journal of Learning for Development*, 11(1), 181-186. <https://doi.org/10.56059/jl4d.v11i1.1143>
- OECD. (2023). *Micro-credentials for lifelong learning and employability*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9c4b7b68-en>
- Orman, R., Simsek, E., & Kozak Cakir, M. A. (2023). Micro-credentials and reflections on higher education. *Higher Education Evaluation and Development*, 17(2), 96-112. <https://doi.org/10.1108/HEED-08-2022-0028>
- Peters, M., Beirne, E., & Brown, M. (2025). Micro-credentials and their implications for lifelong learning: Global insights and critical perspectives. *Distance Education*, 46(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/01587919.2025.2463137>
- Pirkkalainen, H., Sood, I., Padron Napoles, C., Kukkonen, A., & Camilleri, A. F. (2023). How might micro-credentials influence institutions and empower learners in higher

- education? *Educational Research*, 65(1), 40-63.
<https://doi.org/10.1080/00131881.2022.2157302>
- Pollard, V., & Vincent, A. (2022). Micro-credentials: A postdigital counternarrative. *Postdigital Science and Education*, 4(3), 843-859. <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00311-6>
- Rami, A. A. M., Ismail, I. A., Zulkifly, N. A., & Sarman, M. A. (2025). Higher education leaders' readiness to implement micro-credentials in Malaysia: A preliminary insight. *International Journal of Intelligent Enterprise*, 12(1), 61-79.
<https://doi.org/10.1504/IJIE.2025.143445>
- Reed, A., Kong, Y., & Abramovich, S. (2024). Assessment, credential, or both? Higher education faculty's design principles for micro-credentials. *Discover Education*, 3, Article 16. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00100-2>
- Rullyana, G., Siregar, E., & Kustandi, C. (2025). Research trends on micro-credentials in higher education: A bibliometric analysis using Scopus and WoS databases. *Journal of Learning for Development*, 12(3), 484-500. <https://doi.org/10.56059/jl4d.v12i3.1950>
- Santally, M., Rajabalee, Y. B., Cooshna-Naik, D., & Greller, W. (2024). Perception of education and industry leaders on micro-credentials and their potential in higher education. *Journal of Learning for Development*, 11(3), 528-539.
<https://doi.org/10.56059/jl4d.v11i3.1274>
- Shanmughan, P., Joseph, J., Nair, B. S., Anitha, S. M., Anuja, C. S., & Jose, J. (2024). The AI revolution in micro-credentialing: Personalized learning paths. *Frontiers in Education*, 9, Article 1445654. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1445654>
- Smith, C. J. M., Choromides, C., Clyde, A., & Stewart-Knight, F. (2025). Exploring benefits of a collaborative Scottish university-organization alternative credentials approach to re-skilling. *Frontiers in Education*, 10, Article 1536431.
<https://doi.org/10.3389/educ.2025.1536431>
- Sullivan, C. (2025). A rubric for microcredential evaluation: Strengthening quality assurance. *Innovative Higher Education*, 50, 2067-2091. <https://doi.org/10.1007/s10755-025-09817-w>
- Tamoliune, G., Greenspon, R., Tereseviciene, M., Volungeviciene, A., Trepule, E., & Dauksiene, E. (2023). Exploring the potential of micro-credentials: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 7, Article 1006811.
<https://doi.org/10.3389/educ.2022.1006811>
- UNESCO. (2022). Short courses, micro-credentials, and flexible learning pathways. UNESCO.
- UNESCO. (2022). Towards a common definition of micro-credentials. UNESCO.
- UNESCO IESALC. (2025). Mapping microcredentials in Latin America and the Caribbean: Towards a common framework. UNESCO IESALC.
- Varadarajan, S., Koh, J. H. L., & Daniel, B. K. (2023). A systematic review of the opportunities and challenges of micro-credentials for multiple stakeholders: Learners, employers, higher education institutions and government. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 13.
<https://doi.org/10.1186/s41239-023-00381-x>
- Venaruzzo, L., & Diaz, C. (2025). A learner experience framework for microcredential design and online learning. *Distance Education*, 46(1), 77-94.
<https://doi.org/10.1080/01587919.2024.2442018>

- Yildirim, H., Kir, S., & Bozkurt, A. (2025). Towards a future of qualifications: A systematic review of micro-credentials. *Online Learning*, 29(4), 535-559. <https://doi.org/10.24059/olj.v29i4.4969>
- Yilik, M. A. (2025). The rationales and values of micro-credentials in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 58, Article 101951. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101951>
- Zaccagnini, M., West, A. J., D'Souza, B., Farrell, P., Tessier, S., & Graham, I. D. (2025). The use of micro-credentials in health professions education: A scoping review. *Perspectives on Medical Education*, 14, 974-990. <https://doi.org/10.5334/pme.2038>
- Zhang, K., & Alasmari, T. (2025). Micro-credentials in Saudi higher education: Stakeholder perceptions and policy implications for economic transformation and bridging skills gaps. *Journal of Professional Capital and Community*, 10(4), 481-502. <https://doi.org/10.1108/JPC-10-2024-0171>
- 1EdTech Consortium. (2024). Supporting equity with the TrustEd Microcredential Framework. 1EdTech Consortium.

SEXUAL DIMORPHISM OF MAXILLARY SINUS IDENTIFICATION: AN ADVANCE GEOMETRIC MORPHOMETRIC ANALYSIS

*Azwa Syuhada Samshuddin¹, *Aspalilah Alias^{1,2,3}, Faezah Rokhani¹, Muhammad Faiz Mohd Fauad⁴, Choy Ker Woon⁵, Arofi Kurniawan²*

¹Department of Basic Sciences, Faculty of Dentistry, Universiti Sains Islam Malaysia (USIM), Malaysia

²Department of Forensic Odontology, Faculty of Dental Medicine, Universitas Airlangga, Indonesia

³Centre of Research for Fiqh Forensics and Judiciary (CFORSJ), Institut Sains Islam (ISI), Universiti Sains Islam Malaysia (USIM), Negeri Sembilan, Malaysia

⁴Faculty of Medicine and Health Sciences, Universiti Sains Islam Malaysia (USIM), Malaysia.

⁵Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Universiti Teknologi MARA (UiTM), Sungai Buloh Campus, Selangor, Malaysia.

Corresponding author:

Assoc. Prof. Dr. Aspalilah Alias

Department of Basic Sciences, Faculty of Dentistry, Universiti Sains Islam Malaysia

draspa76@usim.edu.my

Abstract

Introduction: Sex estimation is important in forensic identification for unknown skeletal remains cases. The maxillary sinus is the space located inside the skull also act as the potential part of the bone for morphological study.

Objectives: The aims of this study were to determine the differences of sizes and shapes in the male and female maxillary sinus in of the Malay Population.

Methods: Geometric Morphometric Analysis (GMA) of Maxillary Sinus from a total of 387 lateral cephalogram radiographs was conducted. 11 landmarks were applied on the maxillary sinus using the tpsDig2 software. The MorphoJ software was used to perform Generalized Procrustes Analysis (GPA), Procrustes ANOVA, Principal Component Analysis (PCA), Discriminant Function Analysis (DFA), and Canonical Variate Analysis (CVA). The shape variation of maxillary sinus was divided into male and female group.

Results: The PCA results shows that the first five components which are PC1 to PC5 accounting for a 67.98% of the total shape variation. CVA showed a significant difference between sexes (Goodall's $F = 16.13$) with $p < 0.0001$. DFA achieved an overall classification accuracy of 72.6%, which reduced to 69.5% after cross-validation. The visualization of shape changes and variation were shown in the wireframe.

Discussion: The findings demonstrate that the shape of the maxillary sinus exhibits sexual dimorphism, although the moderate classification accuracy suggests overlap between groups. This indicates that shape alone may not fully discriminate sex and should be combined with other parameters for improved accuracy.

Conclusion: Maxillary sinus morphology shows significant sex-related variation and can contribute to forensic identification.

Keywords: Forensic Identification, Sex Estimation, Maxillary Sinus, Geometric Morphometric, Lateral Cephalograms

Introduction

The determination of sex is one of the fundamental aspects in forensic anthropology and human identification in living and dead individuals. It plays a role of identifying an unknown individual, cause of death and even providing evidence for medical and legal purpose (Alias et al., 2018; Ubelaker, 2018). Determining sex can reduce the number of potential matches in forensic investigations by approximately 50%. Scientifically, pelvis and cranium are the most used for identification because they exhibit a wide range of morphological variations (Miller, 2018).

However, when the pelvis or the long bones are unavailable, paranasal sinuses, dental features, and selected soft-tissue traits can provide valuable identification (Sidhu et al., 2014). The paranasal sinuses are well protected within the bone and have unique features that are valuable for identification (Robles et al., 2024). Once fully developed, sinus morphology remains largely stable throughout life, making it a reliable tool for identification (Ahmed et al., 2024; Gopal & Paul, 2017; Whyte & Boeddinghaus, 2019).

The maxillary sinus is the largest of the paranasal sinuses, located within the maxilla. It begins developing in the third month of pregnancy and continues to grow into adulthood. Its size and shape vary among individuals due to genetic and environmental influences (Endo et al., 2010). However, it can still be visualised on the imaging even when other bones are damaged or fragmented, such as in mass disaster cases. Due to its structural resilience and distinct morphology, the maxillary sinus is considered as a reliable feature for forensic identification (Christoloukas et al., 2023).

Forensic anthropologists have been using the traditional methods which are linear and angular measurements for identifications. Although these methods are generally reliable, they have limitations and may sometimes produce inaccurate results (Zulkifli et al., 2023). These limitations have contributed to the growing use of the geometric morphometrics (GM) method. Geometric Morphometrics Analysis (GMA) is increasingly recognized as a reliable method for the forensic identification of living and deceased individuals (Damia et al., 2023). This approach enables a more detailed and reliable analysis of shape variation using landmark-based techniques on skeletal structures. GMA gives more details of the shape and size variations and makes identification more accurate (Zulkiflee et al., 2024).

Advancements in imaging technology have significantly improved the accuracy of forensic identification. Three-dimensional imaging modalities, such as Computed Tomography

(CT) scan, enable clearer and more detailed visualisation of skeletal structures. However, CT-based methods are costly and come with high radiation exposure (Urooge & Patil, 2017).

However, lateral cephalograms are widely used in dental practice as an affordable, low-radiation imaging modality, yet their application in sex determination has not been extensively studied (Sidhu et al., 2014).

Therefore, this study aims to investigate sexual dimorphism in the morphology of the maxillary sinus among the Malaysian population using GMA of lateral cephalograms. By quantifying shape differences between males and females, this study seeks to establish a population-specific morphometric dataset. The findings are expected to improve forensic models for sex estimation based on the maxillary sinus.

Methodology

Study Design

The study was carried out at the Dental Clinic at Universiti Sains Islam Malaysia (USIM). The USIM Ethics Committee granted ethical approval, (USIM/JKEP/2026-374). The study was a retrospective cross-sectional study conducted using lateral cephalogram radiograph data from adult individuals. The study population consisted of both sexes, comprising a total of 387 lateral cephalogram radiographs, including 139 (35.9%) males and 248 (64.1%) females aged between 18 and 60 years.

Inclusion & Exclusion Criteria

Only lateral cephalogram radiographs from Malaysian adults aged between 18 and 60 years were included in this study. The images were required to be of high quality, with clear visualisation of the maxillary sinus and surrounding anatomical landmarks suitable for geometric morphometric analysis. In addition, only radiographs with complete demographic information (age and sex) were selected.

Radiographs were excluded if they showed any evidence of craniofacial trauma, deformities, or surgical intervention affecting the maxillary region. Images with pathological conditions such as sinus disease, tumours, or infections were also excluded. In addition, low-quality or distorted radiographs, as well as those with incomplete or missing demographic data, were not considered for analysis.

Materials and Method

TpsDig2 (version 2.31) was used to digitise landmarks during the geometric morphometric (GM) analysis, while MorphoJ (version 2.0) was employed for shape analysis. In this study, a total of 11 two-dimensional (2D) landmarks were identified and applied to the region of interest.

Landmark Application

The landmark-based geometric morphometric method will be used to analyse the morphology of the maxillary sinus. A total of eleven 2D landmarks were manually applied, outlining the maxillary sinus on lateral skull radiographs using TPS Dig2 software (Version 2.31). The description of each landmark points are presented in Table 1.

Table 1: Landmark definitions of the Maxillary Sinus on lateral cephalogram
(Khaitan et al., 2017; Kurniawan et al., 2023).

No.	Anatomical Landmarks	Definitions
1.	Landmark 1	The center point of the maxillary sinus roof.
2.	Landmark 2	The most superior point of the anterior wall of maxillary sinus.
3.	Landmark 3	The anterior wall of maxillary sinus.
4.	Landmark 4	The most inferior point of the anterior wall of maxillary sinus.
5.	Landmark 5	The lowest point of the maxillary sinus floor.
6.	Landmark 6	The center point of the maxillary sinus floor.
7.	Landmark 7	First molar tooth.
8.	Landmark 8	The most inferior point of the posterior wall of maxillary sinus.
9.	Landmark 9	The posterior wall of the maxillary sinus.
10.	Landmark 10	The most superior point of the posterior wall of maxillary sinus.
11.	Landmark 11	The highest point of the maxillary sinus roof.

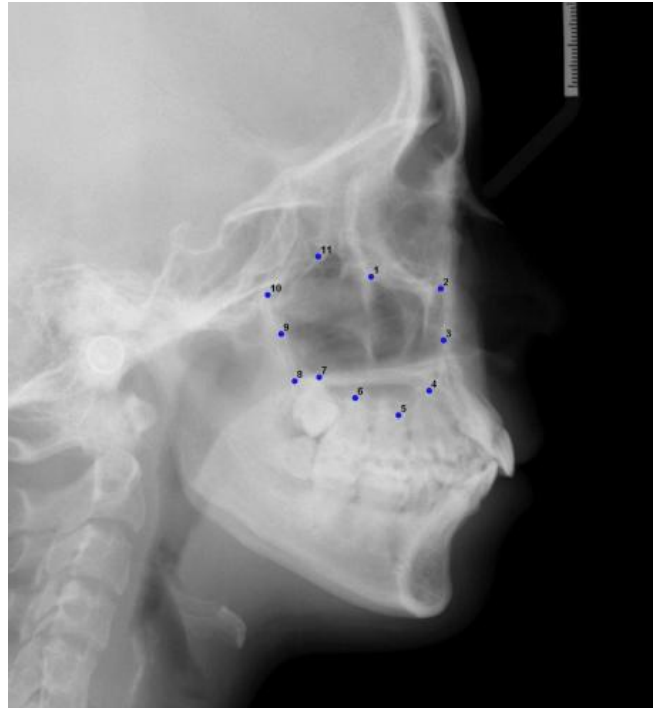


Figure 1: 11 Landmark position of Maxillary Sinus on lateral cephalogram radiograph.

Statistical Analysis

The analysis of the two-dimensional (2D) landmark coordinates was conducted using MorphoJ for shape examination. To remove non-shape variation, the initial landmark data from each maxillary sinus underwent Generalized Procrustes Analysis (GPA), which included processes of scaling, rotation, and translation. The scaling step normalized the coordinates by adjusting each configuration to a standard centroid size, providing a biologically relevant depiction of overall shape.

Subsequently, Principal Component Analysis (PCA) was utilized to categorize and organize the data according to shape variation, with wireframe and principal component (PC) plots employed for visualization. For comparative group analyses, Canonical Variate Analysis (CVA) was executed to calculate Mahalanobis distances among groups, while Discriminant Function Analysis (DFA) with cross-validation was conducted to evaluate classification accuracy. Ultimately, the quantitative results generated from MorphoJ were exported to.

Results

Generalized Procrustes Analysis (GPA)

The scatterplot represents the superimposition of all landmark configurations following Generalized Procrustes Analysis (GPA). Each cluster of points corresponds to a specific landmark, showing the distribution of its position across all samples after scaling, rotation, and

translation. The close grouping of points around the mean (blue point) indicates a low variation, while wider dispersion reflects greater shape variability at that landmark. Overall, the alignment demonstrates that non-shape differences have been successfully removed, allowing subsequent analyses to focus purely on shape variation of the maxillary sinus.

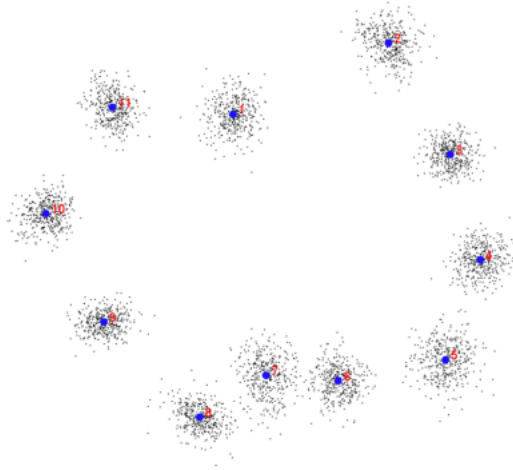


Figure 2: Generalized Procrustes analysis (GPA) consisting of a scatterplot of the superimposed landmark configurations, with 11 landmarks placed in 387 radiographs.

Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) was performed on the Procrustes-aligned coordinates to evaluate shape variation of the maxillary sinus. The first principal component (PC1) accounted for 25.66% of the total shape variation, followed by PC2 (14.20%) and PC3 (11.54%). Together, the first three components explained 51.40% of the total variance, indicating that a substantial proportion of shape variation can be summarised within these axes.

Further components contributed progressively smaller proportions, with the cumulative variance reaching 61.90% by PC4 and 77.37% by PC7. Overall, the PCA demonstrates that shape variation is distributed across multiple components, although the first few principal components capture the majority of biologically meaningful variation.

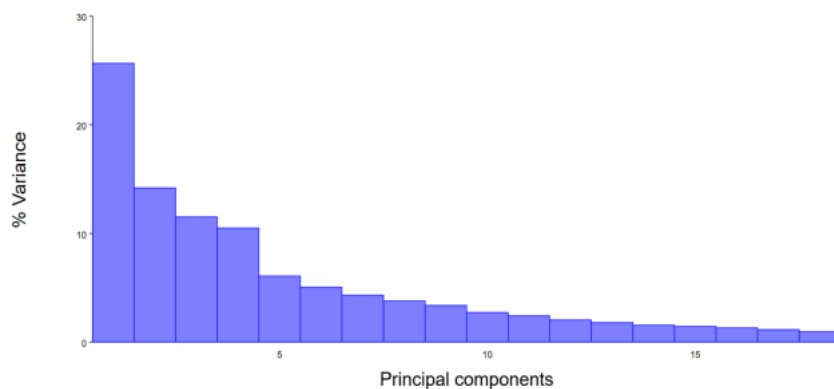


Figure 3: Screen plot showing the amount of variance for all samples.

Table 2: Wireframes from the first three principal components of group 1 VS group 2, exhibiting 51.40% variation in the maxillary sinus shape.


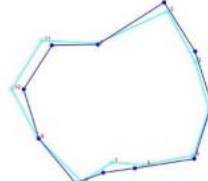
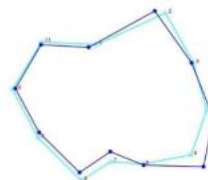
PCA	Wireframe (Group 1 vs Group 2)
PC1 25.66% Variance	
PC2 14.20% Variance	
PC3 11.54% Variance	

Table 3: Centroid Size and shape: Sum of Square (SS), mean square (MS), degrees of freedom (dF).

Effect	SS	MS	dF	F	P
Centroid Size	216240.76	216240.76	1	116.12	<.0001
Shape	0.1759	0.00977	18	16.13	<.0001

There are significantly differences in centroid size and shape ($p < 0.0001$) between sexes.

Canonical Variate Analysis (CVA)

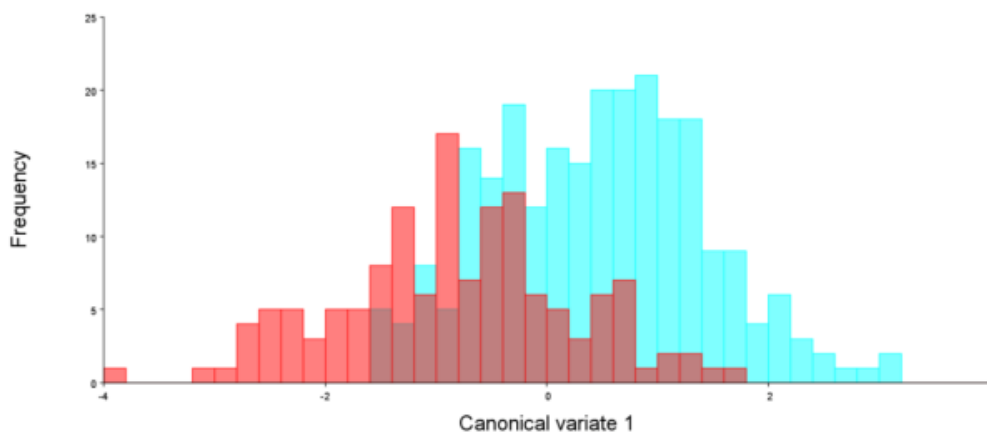


Figure 4: Canonical variates of shape for two group of sexes.

The CVA score distribution shows that the two groups are primarily separated along Canonical Variate 1 (CV1), with one group tending toward negative values and the other toward positive values. However, a noticeable overlap is observed between the groups, indicating that while shape differences exist, they are not completely distinct. This overlap explains the moderate classification accuracy observed in the discriminant analysis.

Discriminant Function Analysis (DFA)

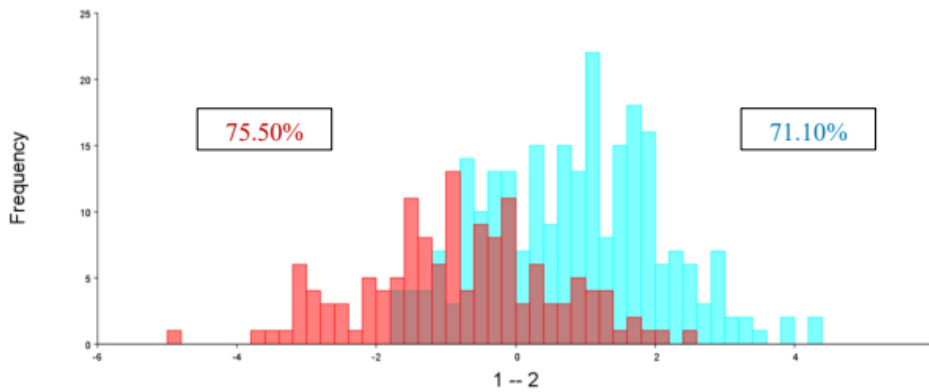


Figure 5: Discriminant Score between male and female.

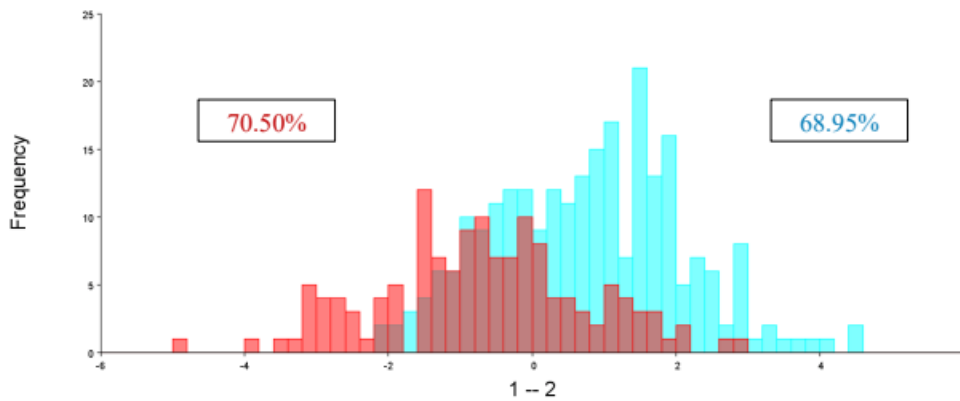


Figure 6: After Cross-validation score between male and female.

Table 4: Discriminant Function Analysis of sex group.

Groups	From Discriminant Function	After Cross-Validation
MALE vs FEMALE	72.6%	69.5%

The DFA shows a significant difference between the two groups. The model achieved about 72.6% accuracy initially, which decreased to 69.5% after cross-validation. This indicates moderate classification ability. The drop in accuracy suggests that the model is less stable when applied to new data, which is expected in biological datasets due to overlap between groups.

The Procrustes distance represents the overall shape difference between the mean configurations of the two groups after Generalized Procrustes Analysis (GPA). A higher value indicates greater shape dissimilarity. In this study, the Procrustes distance of 0.0445 suggests

that there is a measurable difference in sinus shape between males and females, although the magnitude of difference is moderate.

A larger value of the Mahalanobis Distance indicates better separation between groups. The value of 1.2895 in this study indicates a moderate level of separation between male and female groups, which is consistent with the observed overlap in CVA and moderate classification accuracy.

Discussion

This study used Geometric Morphometric Analysis (GMA) on lateral cephalograms to evaluate differences in maxillary sinus shape between sexes. It involves the elimination of the non-shape variation such as size and position which helps the analysis to focus on the actual shape of maxillary sinus (Woon et al., 2019; Zulkifli et al., 2023). The grouping result seen in the GPA scatterplot indicates that both the digitization process and landmark placement were carried out consistently (Alias et al., 2018).

The first three components resulted in 51.40% explain about half of the shape differences, so they are important and capture the main patterns. However, that is not enough to explain everything. The rest of the variation is spread out across other components, which means there are still many smaller shape changes contributing as well. Because of this, the maxillary sinus shape isn't controlled by just one features, but it is influenced by several different factors (Fathima & Pillai, n.d.; Tambawala et al., 2016). This finding is consistent with previous studies that discovered sinus morphology is influenced by a range of biological and environmental factors (Johnson et al., 2021).

According to Procrustes ANOVA, the size and shape of male and female centroids differed statistically significantly ($p < 0.0001$). This suggests that the maxillary sinus exhibits sexual dimorphism, with variations seen in both size and form arrangement (Kurniawan et al., 2023; Ominde et al., 2023). These results align with previous studies showing that males frequently have larger sinus dimensions than females (Lorkiewicz-Muszyńska et al., 2015; Sharma et al., 2014).

It was further confirmed that there are shape differences between the sexes using Canonical Variate Analysis (CVA), with separation mostly shown along CV1. However, the fact that the result, which shows the categories of men and women overlap, suggests that these differences are not constant (Widyaningrum et al., 2026). According to previous studies, this overlap could be explained by population variability, common biological traits, and environmental influences that 243inüs243 the uniqueness of morphological traits (Neenu & REDDY H Professor, 2016; Tambawala et al., 2016).

After cross-validation, the discriminant function analysis's (DFA) 72.6% correct classification rate dropped to 69.5%, showing a moderate level of grouping accuracy. This decrease shows that although the model can estimate the result, it is not particularly helpful to use as a new dataset. The use of the maxillary 243inüs may be useful. However, it cannot be used as the only determinant, since it has previously produced comparable results when used to determine gender (Binnal & Yashoda Devi, 2012; Nagare et al., 2018).

There are some limitations to this study that need to be considered. First, compared to three-dimensional imaging modalities like CT scans, which offer more precise spatial representation, the use of two-dimensional (2D) lateral cephalograms may result in distortion and loss of depth information. Next, the sample was focusing to one specific population (adult Malaysians), which may limit the significance of the results to other populations because of anatomical differences unique to that community. In addition, the overlap between the male and female groups shows that the maxillary 244inüs might not have enough gender specific traits on its own to estimate sex with high accuracy.

To enhance the accuracy and reliability of morphometric analysis, future research should take into account the application of three-dimensional imaging methods like CT or CBCT. The results would be more reliable and applicable if the sample size was increased and multi-ethnic populations were included. Furthermore, as comprehensive methods have been shown to produce precise results in forensic identification, combining the morphology of the maxillary 244inüs with other anatomical components (such as the skull, mandible, or dental traits) is advised to improve the classification accuracy.

Conclusion

This study shows that among Malaysian adults, the maxillary 244inüs shows significant sexual dimorphism in both size and shape. Measurable differences between males and females have been successfully identified by applying geometric morphometric analysis via lateral cephalograms; Procrustes ANOVA validated the statistically significant findings. There was some overlap, which is indicative of biological variability, even though Principal Component Analysis and Canonical Variate Analysis showed distinct patterns between the sexes.

References

- Ahmed, J., Namrata, Sujir, N., Shenoy, N., Natarajan, S., Muralidharan, A., & Shetty, A. C. (2024). A comparative analysis of sphenoid and frontal sinuses using cone beam computed tomography for sex determination. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 14(4), 478–483. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.05.004>
- Alias, A., Ibrahim, A. N., Abu Bakar, S. N., Swarhib Shafie, M., Das, S., Abdullah, N., Noor, H. M., Liao, I. Y., & Mohd Nor, F. (2018). Anthropometric analysis of mandible: an important step for sex determination. *La Clinica Terapeutica*, 169(5), e217–e223. <https://doi.org/10.7417/CT.2018.2082>
- Binnal, A., & Yashoda Devi, B. (2012). Identification of Sex using Lateral Cephalogram: Role of Cephalofacial Parameters. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 24, 280–283. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10011-1313>
- Christoloukas, N., Mitsea, A., Rontogianni, A., & Angelopoulos, C. (2023). Gender Determination Based on CBCT Maxillary Sinus Analysis: A Systematic Review. In *Diagnostics* (Vol. 13, Number 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13233536>
- Damia, N., Zulkiflee, I., Alias, A., Kaur, M., Singh, C., Mohd, H., Pritam, H., Chung, E., Sakaran, R., Hannim Zaidun, N., Ker Woon, C., Choy, D., & Woon, K. (n.d.). Sexual Dimorphism of Frontal Sinus: A 2-Dimensional Geometric Morphometric Analysis on Lateral Skull Radiographs. Retrieved <https://ssrn.com/abstract=4111661>
- Endo, T., Abe, R., Kuroki, H., Kojima, K., Oka, K., & Shimooka, S. (2010). Cephalometric

- evaluation of maxillary sinus sizes in different malocclusion classes. *Odontology*, 98(1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10266-009-0108-5>
- Fathima, T., & Pillai, D. S. (n.d.). CBCT Evaluation of Maxillary Sinus in Forensic Gender Determination. *Journal of Chemical Health Risks*. Retrieved www.jchr.org
- Gopal, S., & Paul, A. (2017). Maxillary Sinus, Frontal Sinus and Nasal Septum Patterns in Personal Identification in Forensics Using CBCT-A Retrospective Study. *Scholars Journal of Dental Sciences (SJDS)*, 4(4), 158–167. <https://doi.org/10.36347/sjds.2017.v04i04.001>
- Johnson, A., Singh, S., Thomas, A., & Chauhan, N. (2021). Geometric morphometric analysis for sex determination using lateral cephalograms in Indian population: A preliminary study. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 25(2), 364–367. <https://doi.org/10.4103/0973-029X.325242>
- Khaitan, T., Kabiraj, A., Ginjupally, U., & Jain, R. (2017). Cephalometric Analysis for Gender Determination Using Maxillary Sinus Index: A Novel Dimension in Personal Identification. *International Journal of Dentistry*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7026796>
- Kurniawan, A., Athalia, S. A., Prakoeswa, B. F. W. R., Rizky, B. N., Chusida, A., Yudha, M., Wijaya, K., Margaretha, M. S., Alias, A., & Marya, A. (2023). Cephalometric radiograph-based approach for sex determination using maxillary sinus index in Surabaya, Indonesia. *European Journal of Anatomy*, 27(6), 663–668. <https://doi.org/10.52083/DHPM3206>
- Lorkiewicz-Muszyńska, D., Kociemba, W., Rewekant, A., Sroka, A., Jończyk-Potoczna, K., Patelska-Banaszewska, M., & Przystańska, A. (2015). Development of the maxillary sinus from birth to age 18. Postnatal growth pattern. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(9), 1393–1400. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.05.032>
- Miller, E. (2018). Forensic Anthropology. In *Multidisciplinary Medico-Legal Death Investigation: Role of Consultants* (pp. 215–225). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813818-2.00010-7>
- Nagare, S., Chaudhari, R., Birangane, R., & Parkarwar, P. (2018). Sex determination in forensic identification, a review. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 10(2), 61. https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_55_17
- Neenuu, B., & REDDY H Professor, S. B. (2016). "MORPHOMETRIC EVALUATION OF FRONTAL AND MAXILLARY SINUS FOR DETERMINATION OF AGE AND SEX-A RADIOGRAPHIC STUDY " MASTER OF DENTAL SURGERY IN ORAL MEDICINE & RADIOLOGY Under The Guidance Of.
- Ominde, B. S., Ikubor, J. E., Iju, W. J., & Igbigbi, P. S. (2023). Dimensions of the Sphenoid and Ethmoid Sinuses on Computed Tomography: Clinical Implications and Role in Sex Determination. *Mustansiriya Medical Journal*, 22(1), 71–79. https://doi.org/10.4103/mj.mj_59_22
- Robles, M., Nakhaeizadeh, S., Rando, C., & Morgan, R. M. (2024). Human identification: an investigation of 3D models of paranasal sinuses to establish a biological profile on a modern UK population. *International Journal of Legal Medicine*, 138(4), 1411–1424. <https://doi.org/10.1007/s00414-024-03179-2>
- Sharma, S. K., Jehan, M., & Kumar, A. (2014). Measurements of maxillary sinus volume and dimensions by computed tomography scan for gender determination. *Journal of the Anatomical Society of India*, 63(1), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.jasi.2014.04.007>
- Sidhu, R., Chandra, S., Devi, P., Taneja, N., Sah, K., & Kaur, N. (2014). Forensic importance of maxillary sinus in gender determination: A morphometric analysis from Western Uttar Pradesh, India. *European Journal of General Dentistry*, 3(01), 53–56. <https://doi.org/10.4103/2278-9626.126213>

- Tambawala, S. S., Karjodkar, F. R., Sansare, K., & Prakash, N. (2016). Sexual dimorphism of maxillary sinus using cone beam computed tomography. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(2), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.08.002>
- Ubelaker, D. H. (2018). Recent advances in forensic anthropology. In *Forensic Sciences Research* (Vol. 3, Number 4, pp. 275–277). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1466384>
- Urooge, A., & Patil, B. A. (2017). Sexual dimorphism of maxillary sinus: A morphometric analysis using cone beam computed tomography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(3), ZC67–ZC70. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25159.9584>
- Whyte, A., & Boeddinghaus, R. (2019). The maxillary sinus: Physiology, development and imaging anatomy. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(8). <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190205>
- Widyaningrum, R., Rosyida, N. F., Ningtyas, A. H., Faadiya, A. N., Sugianto, P., & Kinanggit, N. D. (2026). Sex estimation from lateral cephalograms via a hybrid multimodel convolutional neural network. *Scientific Reports*, 16(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-36147-4>
- Woon, C. K., Jamal, N. A. A., Mohd Noor, M. N. I., Abdullah, S. M., Ibrahim, N. M., Norman, N. H., & Alias, A. (2019). Geometric morphometric analysis of malocclusion on lateral cephalograms in Malaysian population. *Anatomy and Cell Biology*, 52(4), 397–405. <https://doi.org/10.5115/acb.19.118>
- Zulkiflee, N. D. I., Singh, M. K. C., Alias, A., Hadi, H., Chung, E., & Woon, C. K. (2024). Two-Dimensional Geometric Morphometric Method on Frontal Sinus for Race Estimation: A Lateral Skull Radiograph Study. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 20(1), 134–142. <https://doi.org/10.47836/mjmhs.20.1.18>
- Zulkifli, N. A. F., Mohd Saaid, N. A. S., Alias, A., Mohamed Ibrahim, N., Woon, C. K., Kurniawan, A., & Prakoeswa, B. F. W. R. (2023). Age estimation from mandibles in Malay: A 2D geometric morphometric analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 18(6), 1435–1445. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2023.05.020>

SUNNAH KITCHEN: BRIDGING FAITH AND TECHNOLOGY THROUGH A DIGITALIZED ISLAMIC DIETARY WEB APPLICATION

Nur Farah Amirah Rizal¹, Nur Ilyana Ismarau Tajuddin², Halimaton Sa'adiyah Ariffin^{2,3}, Nur Amly Abd Majid², Aiza Azrin Mohd Zain²

¹Faculty of Science and Technology, Universiti Sains Islam Malaysia, Nilai, Malaysia

²Tamhidi Centre, Universiti Sains Islam Malaysia, Nilai, Malaysia

³Faculty of Data Science and Information Technology, INTI International University, Malaysia

Corresponding Email: nur_ilyana@usim.edu.my

ABSTRACT

Food traditions serve as a vital component of cultural identity and play a crucial role in maintaining physical health and cognitive function. In the current digital era, there is a significant gap in online platforms that integrate Islamic faith-based dietary traditions, particularly Sunnah food practices. University students, especially those at Universiti Sains Islam Malaysia (USIM), face challenges in maintaining nutritious and culturally appropriate diets due to time constraints, financial limitations, and limited culinary skills, often leading to dependency on convenience and fast food. This paper presents the development of “Sunnah Kitchen: Daily Food Recipe Finder,” a web application designed to help Muslim users discover recipes aligned with Sunnah food and the principles of Halalan Tayyiban.

The system was developed using the Agile Scrum methodology with iterative phases of requirements gathering, design, development, testing, and review. The technology stack comprises JavaScript, PHP, HTML, CSS, and a MySQL database. Key features include ingredient-based recipe search and filtering, a dedicated Sunnah food information section, interactive cooking guides, community features for user-generated content, and robust security measures including Bcrypt password encryption, Two-Factor Authentication (2FA), and email verification.

User Acceptance Testing with 20 respondents yielded positive feedback regarding usability, functionality, and design. Comparative analysis demonstrates Sunnah Kitchen’s advantages over existing platforms (SuperCook, Tasty, BigOven) in cultural and religious focus, tailored search filters for Sunnah preferences, and advanced security implementation. The findings suggest that integrating web technology with Islamic dietary traditions can empower healthy lifestyles among modern Muslims and serve as an educational medium for incorporating Sunnah culinary heritage into daily life.

Keywords: Sunnah Food, Web Application, Recipe Finder, Agile Scrum, Islamic Dietary Practices, Security, PHP, MySQL

1.0 INTRODUCTION

Food traditions have a crucial role in the formation of national identities, fostering communal bonds, and preserving cultural heritage. In this digital age, recipe-finding applications have transformed how people discover and share cooking information. However, platforms that integrate faith and regional culinary traditions remain scarce. Islam places strong emphasis on consuming Halalan Tayyiban food — food that is good, halal, and permissible according to Shariah principles. Despite growing interest in Islamic dietary science, there is limited digital infrastructure to support Muslims seeking to follow the dietary practices of Prophet Muhammad (SAW), commonly referred to as Sunnah food.

University students, particularly those living away from home, frequently face challenges in preparing nutritious and culturally appropriate meals. Time constraints, financial limitations, and insufficient culinary skills often lead to dependency on fast food and unhealthy dietary patterns (Shi et al., 2020). Nelson et al. (2012) highlighted that young people who fail to manage their food intake are more prone to obesity and chronic lifestyle diseases. Furthermore, poor meal planning contributes to food waste, which is a pressing sustainability concern. According to Harinderan (2024), solid waste amounts to 39,078 tonnes daily in Malaysia, with food waste constituting a significant portion.

Existing recipe finder platforms such as SuperCook, Tasty, and BigOven offer broad culinary resources but fail to address Islamic dietary requirements, Sunnah food categories, or health information derived from Prophetic traditions. Rahman et al. (2022) found that Muslim users expressed significant dissatisfaction with mainstream recipe sites due to the absence of Halal and Sunnah recipe options. Similarly, Al-Hilal and Zain (2023) reported that 63% of users prefer recipes that include health benefit information, which is absent from most existing platforms.

This paper presents the development of “Sunnah Kitchen: Daily Food Recipe Finder,” a web-based application developed at Universiti Sains Islam Malaysia (USIM) to bridge the gap between Islamic dietary traditions and modern digital technology. The system aims to (1) identify existing issues in current recipe finder systems, (2) develop a user-friendly web application for discovering Sunnah-based recipes, and (3) implement robust security measures to protect user data and privacy. This research contributes to the growing field of faith-integrated technology by providing a scalable platform that supports healthy eating, reduces food waste, and deepens users’ understanding of Islamic culinary heritage.

2.0 LITERATURE REVIEW

Sunnah Food: Definition and Significance

The term “Sunnah” is derived from Arabic and refers to the customary practices of Prophet Muhammad (SAW), serving as an example for all Muslims (Al-Sebaye, 2008). Sunnah food encompasses all foods mentioned or consumed by the Prophet (SAW) as recorded in the Quran and Hadith, as well as any foods that bring benefit and good to humankind according to Islamic scholars (Shah, 2015). Latif and Rahman (2020) further define Islamic eating practices as the Sunnah style of consuming meals, emphasizing foods such as dates, honey, milk, olives, barley, figs, and pomegranates.

Scientific research increasingly validates the health benefits of Sunnah foods. Hussain et al. (2019) demonstrated that dates (*Phoenix dactylifera*) exhibit beneficial effects in treating skin disorders, stomach ulcers, heart disease, and cancer, and are recommended for pregnant women for fetal brain development. Honey has been shown to combat antibiotic-resistant infections and treat chronic wounds (Mărgăoan et al., 2021). Olives contribute to cardiovascular health through their polyphenol hydroxytyrosol content (Iqbal et al., 2021), while barley aids in gut health and was specifically recommended by the Prophet (SAW) for those recovering from illness (Alvi and Saleem, 2024). Pomegranates provide anti-inflammatory and antioxidant properties (Zarfeshany et al., 2014), and figs have demonstrated potential in suppressing cancer cell development (Iqbal et al., 2021). This convergence of Islamic tradition and modern nutritional science underscores the importance of making Sunnah dietary knowledge accessible through digital platforms.

Recipe Finder Systems and Food Waste Reduction

Digital recipe finder systems can play a significant role in addressing food waste and improving dietary habits among university students. Ozanne (2022) documented that students living in university accommodations waste significant quantities of food due to irregular meal patterns and poor food management practices. Recipe finders that allow ingredient-based

search enable users to utilise available ingredients before they expire, thus reducing waste (Tonini, 2023). Beyond waste reduction, such systems offer financial savings for budget-constrained students (Miśniakiewicz, 2024), enhance cooking skills through regular use (Lavelle, 2019), and promote healthier dietary choices through access to nutritional information (Vélez-Toral et al., 2020).

Review of Existing Recipe Platforms

Three major recipe platforms were reviewed as comparative benchmarks. SuperCook is recognised for its ingredient-based recipe discovery engine, allowing users to select from available ingredients to generate matching recipes. However, it lacks cultural or religious filters and does not support community interaction. Tasty integrates multimedia elements including video instructions and social media-style recipe browsing, but similarly does not address Halal or Sunnah requirements. BigOven, with over 350,000 recipes, offers nutritional data and shopping list functionality, yet falls short in personalised recommendations and community features. None of the three platforms implement advanced security features or offer Islamic dietary guidance (see Table 1). This gap confirms the need for a dedicated platform serving the Muslim community.

Table 1: Comparison of Existing Web-Based Recipe Systems vs. Sunnah Kitchen

Feature	SuperCook	BigOven	Tasty	Sunnah Kitchen
Ingredient-Based Search	Yes	Limited	No	Yes
Cultural / Religious Recipes	No	No	No	Yes
Interactive Cooking Guides	No	No	Yes	Yes
Community Features	No	Yes	No	Yes
Advanced Security Measures	Basic	Standard	Basic	Advanced (2FA, Bcrypt)

3.0 METHODOLOGY

Development Methodology

Sunnah Kitchen was developed using the Agile Scrum methodology as the Systems Development Life Cycle (SDLC) framework. Agile was selected for its flexibility in adapting to changing requirements, iterative nature that facilitates early bug detection, and strong emphasis on continuous user feedback (Das and Khan, 2021; Gurung et al., 2020). The development proceeded through six iterative phases: (1) Requirements Gathering, (2) Design, (3) Development, (4) Testing, (5) Deployment, and (6) Review. This approach ensured that each feature was incrementally delivered, tested, and refined based on user and supervisor feedback throughout the project lifecycle.

System Architecture and Technology Stack

The system architecture follows a three-tier model comprising a presentation layer, business logic layer, and data layer. The front-end was developed using HTML5, CSS3, and JavaScript for a responsive and dynamic user interface. The back-end was implemented in PHP, handling user authentication, recipe management, and all server-side processing. MySQL served as the relational database management system, administered via PHPMyAdmin and hosted on XAMPP with an Apache server. The database schema includes

eight primary tables: admins, users, recipes, recipe_reviews, reviews, sunnah_food, user_recipes, and report. Relationships among entities were modelled using an Entity-Relationship Diagram (ERD), with cardinality mappings including one-to-many (users to recipes, users to reviews) and many-to-many (users to recipe_reviews) associations. Development tools included Visual Studio Code as the primary code editor, DrawIO and PlantUML for system design diagrams, and Microsoft Excel for project management and Gantt charting.

Security Implementation

Security was a primary design consideration for Sunnah Kitchen. Five key security mechanisms were implemented. First, password hashing was performed using the Bcrypt algorithm, which employs adaptive hashing and salting to protect stored passwords from brute-force and rainbow table attacks (Batubara et al., 2021). Second, password complexity rules enforce a minimum of 8–12 characters with at least one uppercase letter and one special character, reducing vulnerability to common attacks. Third, passwords are masked during input on registration and login forms to prevent shoulder-surfing. Fourth, email authentication requires users to verify their email address upon registration by clicking a verification link, preventing unauthorised account creation. Fifth, Two-Factor Authentication (2FA) sends a one-time verification code to the user’s registered email address during each login session, providing a second layer of protection as recommended by the Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (Grassi et al., 2017).

System Features and User Roles

The system supports three user roles: Administrator, Public User, and Registered User. The Administrator manages all platform content including recipes, user accounts, submitted recipes, reviews, and community posts, and can generate PDF engagement reports. Public Users can browse recipes and the Sunnah food information section without creating an account. Registered Users enjoy full platform functionality including: (1) ingredient-based recipe search and filter, (2) detailed recipe viewing with step-by-step instructions and embedded tutorial videos, (3) Sunnah food information section with health benefits and Islamic historical context for each ingredient, (4) recipe rating and review system, (5) user-submitted recipe and cooking story sharing, (6) community section for social interaction, (7) profile management, and (8) downloadable user engagement reports. These features collectively address the identified gaps in existing platforms and create a comprehensive ecosystem for Sunnah-inspired culinary exploration.

Testing Approach

Two testing approaches were employed. Functional testing was conducted using structured test cases covering all major system modules: admin dashboard operations, public user interactions, registered user workflows, registration and login processes, and password complexity enforcement. A total of 56 test cases were executed across six test case tables. User Acceptance Testing (UAT) was administered via a structured Google Form survey to 20 respondents who interacted directly with the live system. The survey evaluated usability, functionality, design quality, security perception, and overall experience using a 5-point Likert rating scale across 16 evaluation criteria.

4.0 FINDINGS

System Interface Design

The following figures illustrate the key user interface screens of Sunnah Kitchen, demonstrating the system’s design, functionality, and user experience as implemented during development.



Figure 1: Main Homepage of Sunnah Kitchen

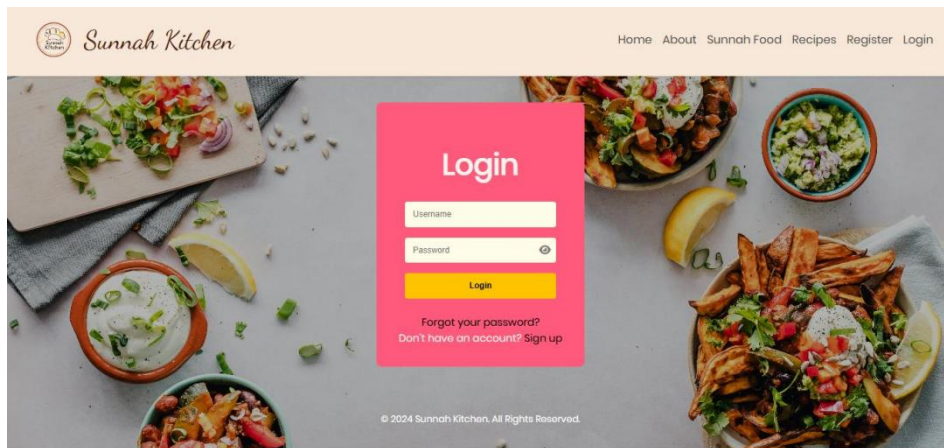


Figure 2: Login Page with Two-Factor Authentication

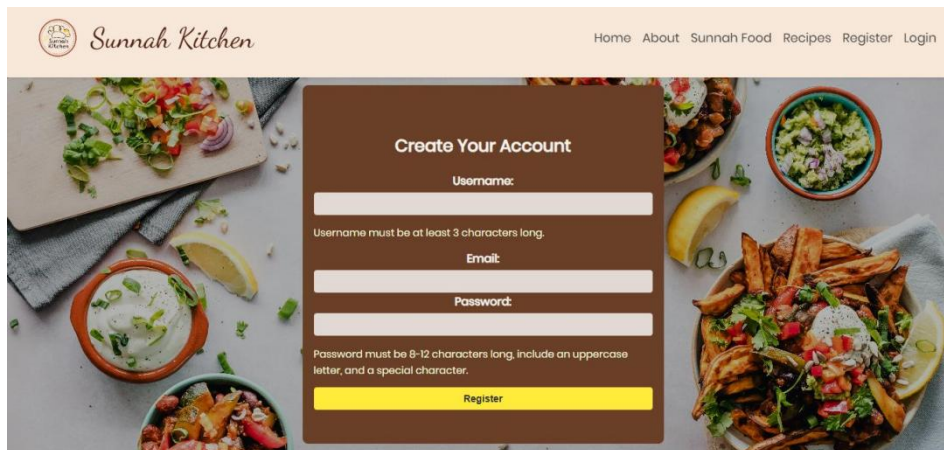


Figure 3: User Registration Page

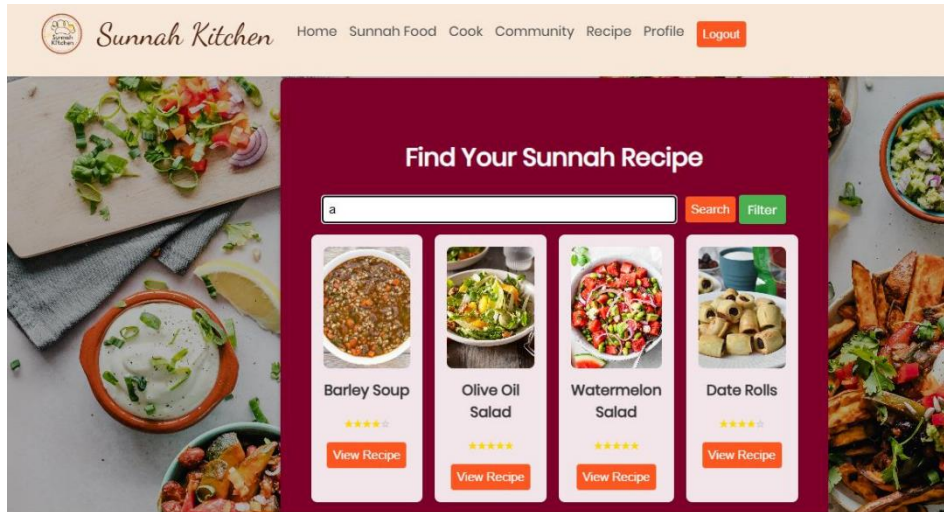


Figure 4: Registered User Homepage with Search and Filter

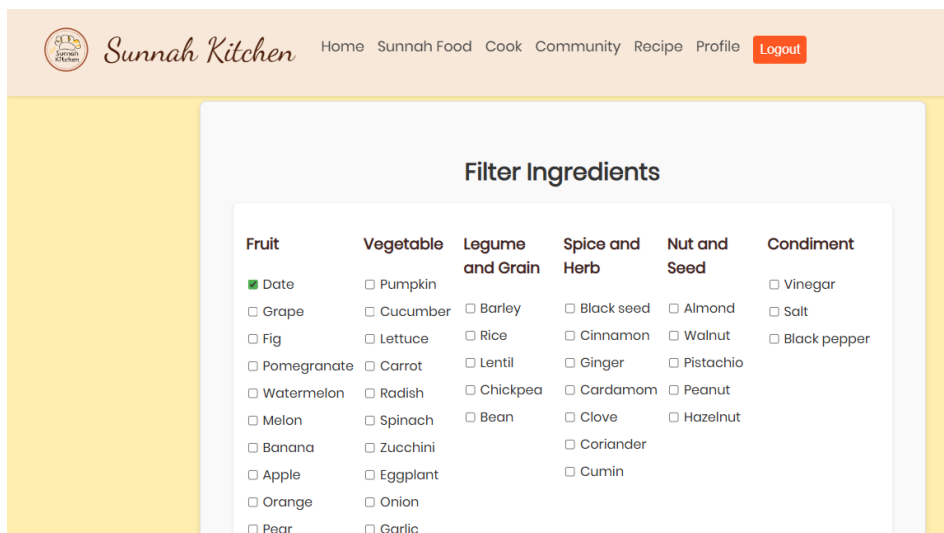


Figure 5: Ingredient-Based Recipe Filter

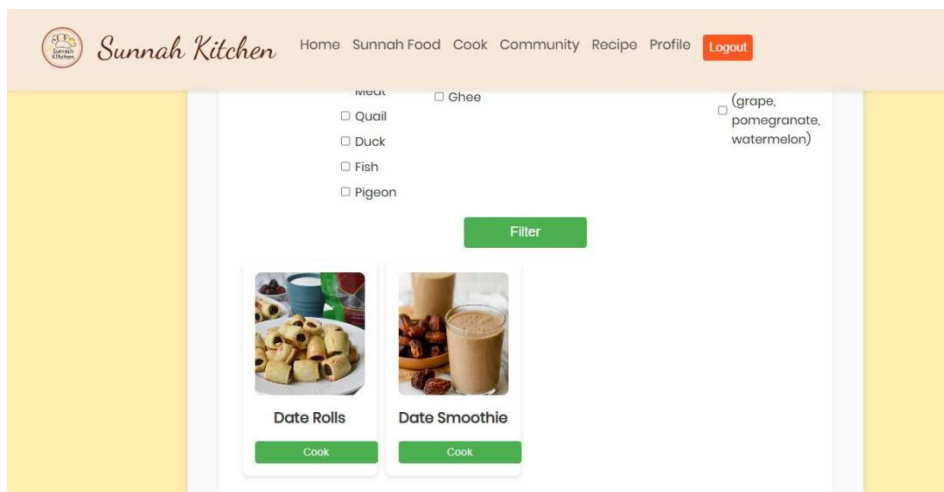


Figure 6: Recipes Filtered by Sunnah Ingredients

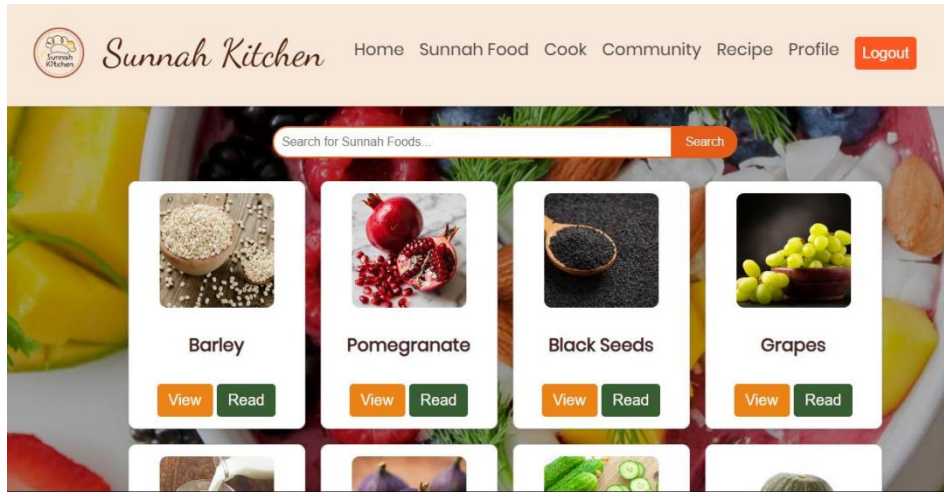


Figure 7: Sunnah Food Information Section

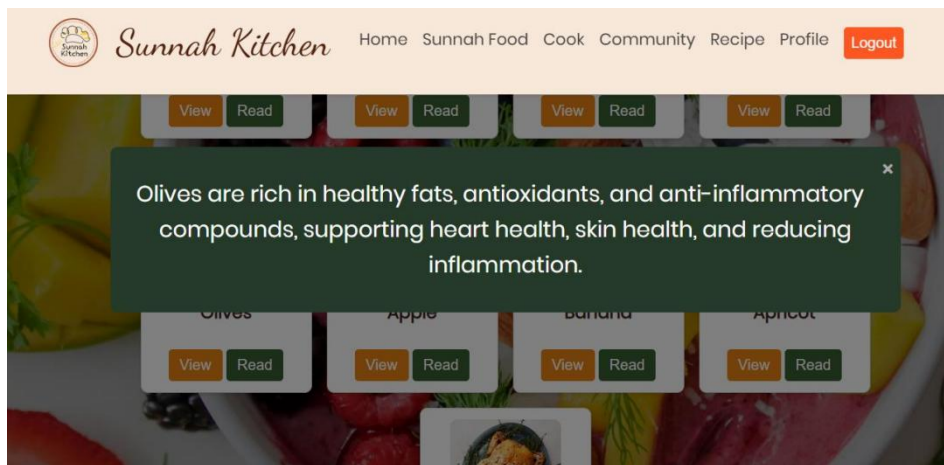


Figure 8: Sunnah Food Detail with Health Benefits

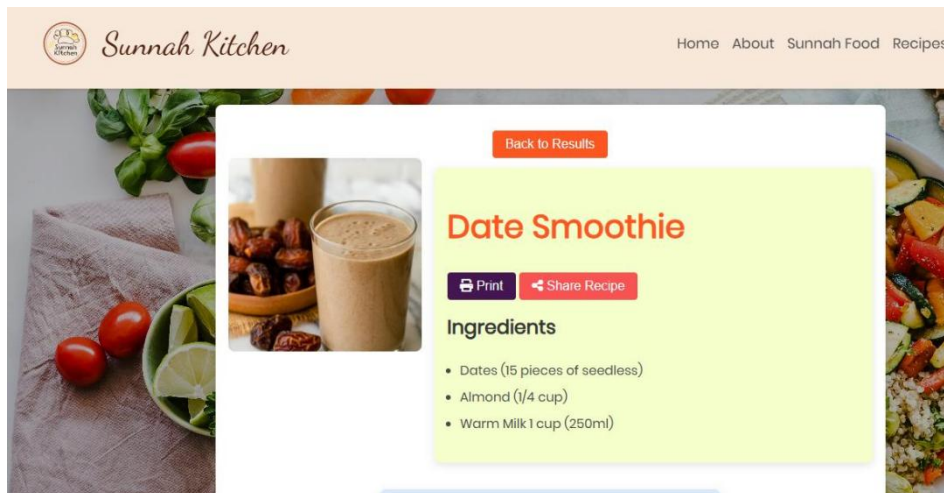


Figure 9: Recipe Detail View

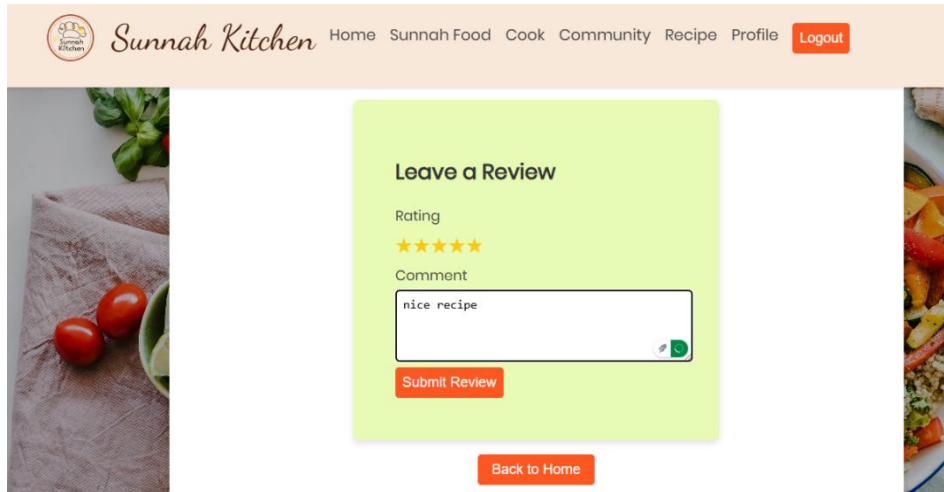


Figure 10: Recipe Rating and Review System

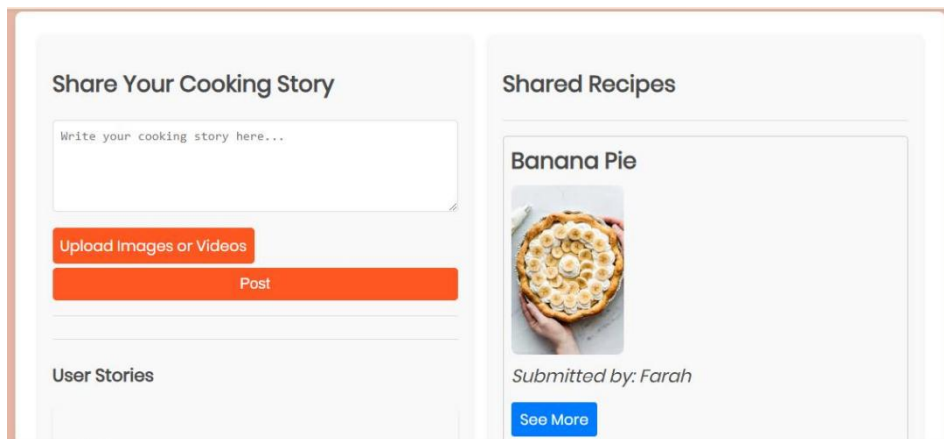


Figure 11: Community Section for Sharing

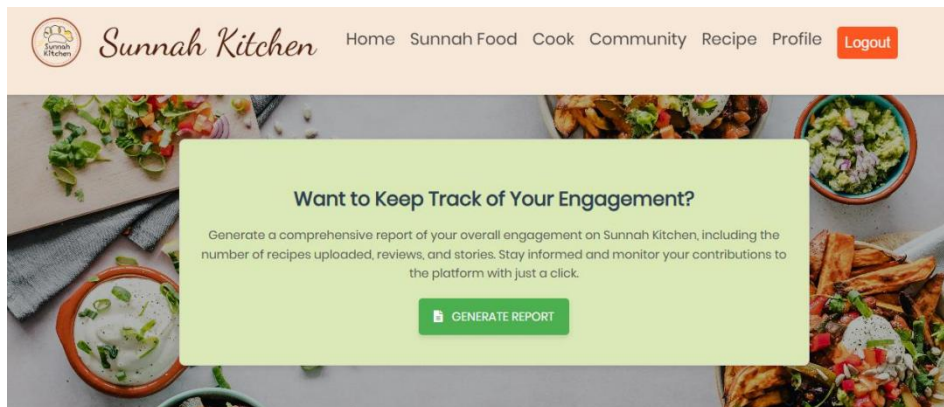


Figure 12: User Engagement Report Generation

Functional Testing Results

All 56 functional test cases passed without critical errors. The admin module successfully executed login validation, user management (view, delete), recipe management (add, view, approve, reject, delete), community moderation (cooking stories, comments), and report generation. Public user test cases confirmed correct display of recipe listings and Sunnah food content, as well as print and share functionalities. Registered user test cases verified the full recipe lifecycle — search, filter, view, rate, and review — as well as recipe submission, cooking story sharing, profile management, and report download. Password complexity

testing confirmed enforcement of the 8–12 character rule with mandatory uppercase and special character requirements, with appropriate error messages displayed for non-compliant inputs.

User Acceptance Testing Results

User Acceptance Testing with 20 respondents demonstrated strong positive reception. Rating results for core functionalities such as registration, login, recipe search, and filtering showed predominantly high satisfaction, with the majority of respondents providing 4–5 star ratings. The Sunnah food section received particularly enthusiastic feedback, with one respondent explicitly noting: the Sunnah food information was the feature they loved most about the platform. The recipe submission process, rating and review system, and community section were also rated favourably. The admin dashboard functionality, password complexity, and authentication processes received strong ratings, with several respondents specifically commending the security features as enhancing user confidence. Overall website experience ratings were predominantly positive.

Feedback from respondents also identified areas for improvement. The most commonly cited suggestions included: enhanced mobile responsiveness, advanced recipe search filters (e.g., by preparation time and dietary restrictions), duplicate recipe detection before submission, multi-language support (particularly Bahasa Malaysia), offline access capability, nutritional information display per recipe, dark mode interface, and more advanced analytics for administrators. These findings provide a clear roadmap for future system enhancement iterations.

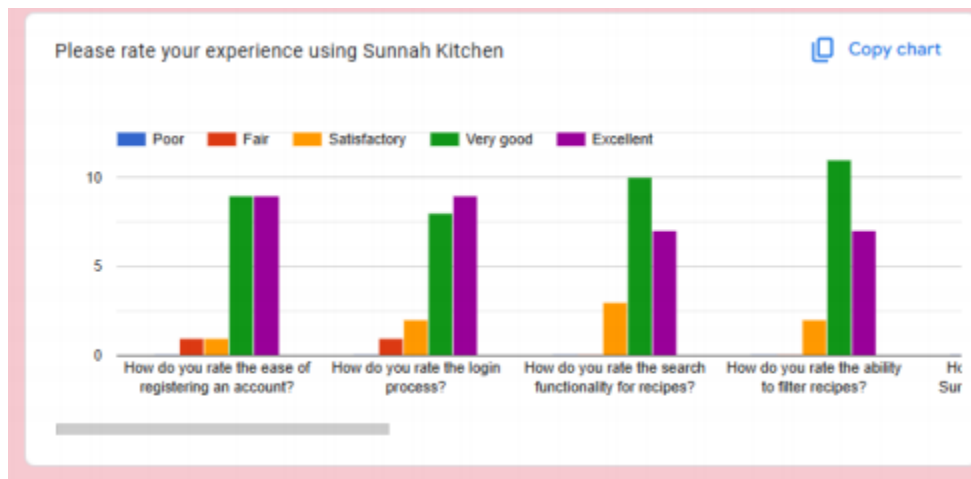


Figure 13: Rating of experience for registering account, login process, the search and filtering functionalities.

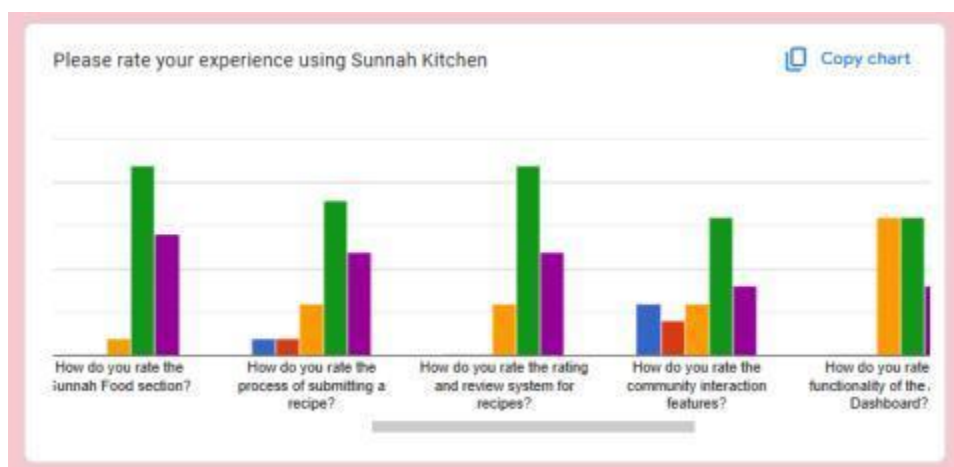


Figure 14: Rating of the Sunnah Food section, process of submitting recipe, rating and review of recipes and community section



Figure 15: Rating for functionality of Admin Dashboard, the password complexity, authentication process and update profile



Figure 16: Rating of overall website experience

However, there were certain aspects that may be improved, such as mobile responsiveness, recipe search enhancements with more advanced filters, and recipe submission process refinement, particularly with image and video uploads. Users also proposed adding multilingual support, more participatory community tools, and greater security measures. Table 2 are the feedback and suggestion for system improvement from the Google Form.

Table 2: Feedback and Suggestion for System Improvement

Respondent	Feedback and suggestions for improvement
1	Improve Recipe Sharing
2	Optimize search filters, use caching for faster results.

3	Provide the admin with an advanced analytics dashboard to track user activity, popular recipes, and engagement, helping improve content and user experience.
4	Improve Community Interaction
5	Display nutritional information such as calories, protein, fat for each recipe to assist users with dietary planning.
6	Multi-Language Support
7	Enable users to save their favorite recipes offline for access when they have no internet connection.
8	None
9	Improve Recipe Sharing
10	Easy Registration and Login process
11	Check for duplicates recipes before submitting recipes
12	Mobile Responsiveness
13	Make website more organize
14	Allow users to upload recipe video tutorials along with images to give step-by-step visual guidance.
15	Enhanced Recipe Ratings
16	Add on more report and analysis for the website
17	Improve Recipe Search Filter
18	I love this website because of the Sunnah Food information ❤️' good for Muslim users!
19	Strong password and authentication processes ensure user data is kept secure and private.
20	Add a dark mode toggle for users who prefer a darker interface, especially during night-time use.

5.0 DISCUSSION

Sunnah Kitchen successfully achieved all three stated research objectives. Regarding the first objective which are identifying existing issues in recipe finder systems, the comparative analysis confirmed that mainstream platforms lack cultural and religious contextualisation, ingredient-based filtering aligned with Sunnah preferences, and adequate security infrastructure. This aligns with findings by Rahman et al. (2022) and Smith et al. (2021), who documented Muslim users' dissatisfaction with generic recipe platforms and the challenges faced by students in finding culturally appropriate recipes.

For the second objective is developing a user-friendly Sunnah recipe application the positive UAT results confirm that the system's interface design and functionality met user

expectations. The ingredient-filtering feature directly addresses Khan et al. (2023), who reported that 58% of users were dissatisfied with recipe platforms lacking Sunnah ingredient filtering. The Sunnah food information section responds to Al-Hilal and Zain (2023), who found strong user demand for health benefit information alongside recipes. The community features and user-generated content capabilities go beyond what competing platforms offer, fostering a sense of belonging and active participation that is critical for long-term platform adoption.

For the third objective — implementing appropriate security measures — the combination of Bcrypt encryption, password complexity enforcement, email authentication, and 2FA represents an advanced security posture that significantly exceeds what competing recipe platforms provide. The positive UAT ratings for security-related features confirm that users perceived the system as trustworthy and safe, which is crucial for encouraging registration and personal data sharing. The implementation aligns with NIST Digital Identity Guidelines (Grassi et al., 2017) and demonstrates that security-first design is both achievable and valued in consumer-facing Islamic web applications.

Beyond meeting the stated objectives, Sunnah Kitchen makes a broader contribution to the discourse on faith-integrated technology. The platform demonstrates that Islamic values and modern web development can be meaningfully synthesised to produce applications that are simultaneously spiritually enriching and technologically sophisticated. By grounding recipe discovery in Quranic and Hadith references, the system transforms the mundane act of meal planning into an act of religious learning and connection. This approach has potential implications for other domains of Islamic digital humanities, including prayer time applications, Zakat calculators, and Islamic finance platforms, where faith-technology integration remains underexplored.

6.0 CONCLUSION AND IMPLICATIONS

This paper presented the design, development, and evaluation of Sunnah Kitchen: Daily Food Recipe Finder, a web application that integrates Islamic dietary principles with modern web technology. The system successfully addresses the limitations of existing commercial recipe platforms by offering Sunnah-specific content, ingredient-based filtering, comprehensive health information rooted in prophetic tradition, community engagement features, and advanced security measures. Functional testing confirmed error-free operation across all system modules, and User Acceptance Testing with 20 respondents yielded strong positive ratings across usability, functionality, and design dimensions.

The practical implications of this research are significant for multiple stakeholder groups. For Muslim consumers, the platform provides a trusted and culturally resonant space to explore healthy, faith-aligned cooking. For university students and young adults, the system offers accessible culinary education that can reduce food waste, improve dietary quality, and strengthen Islamic identity. For educators and Islamic institutions, the system demonstrates the viability of digital media as a vehicle for Sunnah education. For developers and researchers, the project offers a working model for integrating religious values into software architecture without compromising technical quality or security standards.

Limitations and Future Research

Several limitations of the current implementation warrant acknowledgment. The system requires an active internet connection and currently lacks offline functionality, which restricts accessibility for users in areas with limited connectivity. The platform operates exclusively in English, reducing inclusivity for non-English-speaking Muslim communities. The current search and filtering capabilities, while functional, do not yet support granular filters such as preparation time, difficulty level, or specific dietary restrictions beyond Sunnah alignment. The UAT sample size of 20 respondents, while providing valuable insights, limits the generalisability of usability findings to broader populations.

Future research and development should address these limitations through several enhancements. Offline Progressive Web App (PWA) capabilities would allow users to access saved recipes without connectivity. Multi-language support, particularly Bahasa Malaysia and Arabic, would extend reach to a wider Muslim audience. The integration of AI-powered personalised recipe recommendations based on user history and preferences would significantly enhance the user experience and platform engagement. Additionally, expanding the recipe database with nutritional profiling, calorie counts, and dietary suitability classifications would serve health-conscious users. Future studies could also conduct longitudinal evaluation of the platform's impact on dietary habits and Sunnah food awareness among university student populations, providing empirical evidence of the system's effectiveness as an educational and behavioural intervention tool.

REFERENCES

- Al-Abbadi, N., & Alsaad, R. (2020). Food security and dietary habits among university students: A literature review. *Journal of Food Research*, 9(6), 34–45.
- Al-Hilal, Y., & Zain, F. (2023). The health benefits of Sunnah foods and user preferences in recipe applications. *Journal of Health and Islamic Nutrition*, 7(3), 134–145.
- Al-Sebaye, M. (2008). *Al-Sunnah and its Status in the Islamic Law* (p. 57). Dar Al-Salam.
- Al-Teinaz, Y. R. (2020). What is halal food? *The Halal Food Handbook*, 7–26.
- Alvi, M., & Saleem, M. N. (2024). Importance of barley (*Hordeum vulgare* Linn.) as food and medicine from past to present: A brief overview. *The Journal of Phytopharmacology*, 13(5), 402–406. <https://doi.org/10.31254/phyto.2024.13509>
- Batubara, T. P., Efendi, S., & Nababan, E. B. (2021). Analysis performance BCRYPT algorithm to improve password security from brute force. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811(1), 012129. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012129>
- Das, R. A. K., & Khan, A. B. (2021). A study of agile iterative development methodology on web application quality. In P. K. Behera & P. C. Sethi (Eds.), *Digital Democracy – IT for Change*. CSI 2020. *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 1372). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2723-1_3
- Grassi, P. A., Fenton, J. L., Newton, E. M., Perlner, R. A., Regenscheid, A. R., Burr, W. E., Richer, J. P., Lefkowitz, N. B., Danker, J. M., Choong, Y., Greene, K. K., & Theofanos, M. F. (2017). *Digital identity guidelines: Authentication and lifecycle management*. <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-63b>
- Gurung, G., Shah, R., & Jaiswal, D. P. (2020). Software development life cycle models – A comparative study. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology*, 30–37. <https://doi.org/10.32628/cseit206410>
- Harinderan, K. (2024, April 9). Paving the way to a zero food waste Malaysia. *BusinessToday*. <https://www.businesstoday.com.my/2024/04/09/paving-the-way-to-a-zero-food-waste-malaysia/>
- Hussain, M. I., Farooq, M., & Syed, Q. A. (2019). Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) – A review. *Food Bioscience*, 34, 100509. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100509>
- Iqbal, A. S., Jan, M., Muflih, B., & Jaswir, I. (2021). The role of prophetic food in the prevention and cure of chronic diseases: A review of literature. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(11), 366–375. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i11.114>
- Jaafar, M. H., Satari, H., Mat Salleh, M. K., & Hassannudin, M. I. A. (2023). The concept of joyful foods according to the Islamic perspectives. *Ideology Journal*, 8(1), 105–114.

- Khan, R., Patel, V., & Li, W. (2023). Ingredient-based filtering in recipe applications and its impact on user satisfaction. *Food Technology and Consumer Research*, 9(1), 78–89.
- Latif, M. A., & Ab. Rahman, S. (2020). Knowledge and attitude on halal food and Islamic eating practices among students of Universiti Malaysia Sabah. *Journal of Halal Industry & Services*. <https://doi.org/10.36877/jhis.a0000166>
- Lavelle, F., Benson, T., Hollywood, L., Surgenor, D., McCloat, A., Mooney, E., Caraher, M., & Dean, M. (2019). Modern transference of domestic cooking skills. *Nutrients*, 11(4), 870. <https://doi.org/10.3390/nu11040870>
- Mărgăoan, R., Topal, E., Balkanska, R., Yücel, B., Oravec, T., Cornea-Cipcigan, M., & Vodnar, D. C. (2021). Monofloral honeys as a potential source of natural antioxidants, minerals and medicine. *Antioxidants*, 10(7), 1023. <https://doi.org/10.3390/antiox10071023>
- Miśniakiewicz, M., Amicarelli, V., Chrobak, G., Górka-Chowaniec, A., & Bux, C. (2024). Do living arrangements and eating habits influence university students' food waste perception in Italy and Poland? *Sustainability*, 16(5), 2102. <https://doi.org/10.3390/su16052102>
- Nelson, M. C., Story, M., Larson, N. I., Neumark-Sztainer, D., & Lytle, L. A. (2012). Emerging adulthood and college-aged youth: An overlooked age for weight-related behavior change. *Obesity*, 16(10), 2205–2211. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.365>
- Ozanne, L. K., Ballantine, P. W., & McMaster, A. (2022). Understanding food waste produced by university students: A social practice approach. *Sustainability*, 14(17), 10653. <https://doi.org/10.3390/su141710653>
- Pargaonkar, S. (2023). A comprehensive research analysis of software development life cycle (SDLC) agile & waterfall model advantages, disadvantages, and application suitability in software quality engineering. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 13(8), 120–124. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.13.08.2023.p14015>
- Rahman, A., et al. (2022). Exploring Muslim users' perceptions of recipe finder applications: A case study. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(3), 245–256.
- Shah, F. A. (2015). Methods in interacting with Hadith fitan: A study on misunderstanding towards it. In K. Ahmad, M. A. Razzak, & F. A. Shah (Eds.), *Misunderstanding towards Sunnah: An issues and solutions* (pp. 117–136). Department of al-Quran and al-Hadith.
- Shi, Y., Lukomskyj, N., & Allman-Farinelli, M. (2020). Food access, dietary acculturation, and food insecurity among international tertiary education students: A scoping review. *Nutrition*, 85, 111100. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.111100>
- Smith, J., et al. (2021). Exploring food preferences and cooking practices among university students: A mixed-methods study. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 53(7), 649–656. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2021.03.010>
- Tonini, P., Odina, P. M., & Durany, X. G. (2023). Predicting food waste in households with children: Socio-economic and food-related behavior factors. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1249310.
- Vélez-Toral, M., Rodríguez-Reinado, C., Ramallo-Espinosa, A., & Andrés-Villas, M. (2020). “It’s important but, on what level?”: Healthy cooking meanings and barriers to healthy eating among university students. *Nutrients*, 12(8), 2309. <https://doi.org/10.3390/nu12082309>
- Zarfeshany, A., Asgary, S., & Javanmard, S. H. (2014). Potent health effects of pomegranate. *Advanced Biomedical Research*, 3, 100. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.129371>

KÜRESEL SPOR GİYİM SEKTÖRÜNDE HİSSE SENEDİ FİYATI VE İŞLEM HACMİNİN DERİN ÖĞRENME MODELLERİ İLE TAHMİNİ

Dr.Öğr.Üyesi Aynur İNCEKIRIK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü

aynur.incekirik@cbu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5029-6036

Lisansüstü öğrencisi Mohammad Luqman YOUSUFİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü

m.loqman75@gmail.com

ORCID: 0009-0000-8460-4415

ÖZET

Bu çalışmada küresel spor giyim sektöründe faaliyet gösteren Adidas, Nike ve Under Armour şirketlerine ait hisse senedi fiyatları ve işlem hacimlerinin tahmin edilmesi amacıyla derin öğrenme tabanlı zaman serisi modelleri kullanılmıştır. Spor giyim sektörü küresel ticaret hacmi, marka değeri ve finansal piyasalardaki yatırımcı ilgisi açısından önemli bir konuma sahip olduğundan, bu sektörde faaliyet gösteren şirketlerin hisse senedi fiyat dinamiklerinin doğru şekilde modellenmesi hem akademik literatür hem de yatırım kararları açısından önem taşımaktadır. Bu kapsamda çalışmada Evrişimsel Sinir Ağı (CNN), Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM), Geçitli Tekrarlayan Birim (GRU) ve Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN) mimarileri uygulanarak model performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti 04.01.2010–13.02.2026 dönemini kapsayan günlük frekanstaki fiyat ve işlem hacmi serilerinden oluşmaktadır. Hisse senedi verileri Yahoo Finance veri tabanından elde edilmiştir. Ayrıca küresel finansal koşulların hisse senedi fiyatları üzerindeki etkisini dikkate alabilmek amacıyla ABD dolar endeksi (DXY) ile birlikte EUR/USD döviz paritesi ve ABD doları ile Çin yuanı arasındaki döviz kuru olan USD/CNY değişkenleri analize dahil edilmiştir. Böylece küresel dolar hareketleri ve uluslararası döviz piyasalarındaki dalgalanmaların hisse senedi fiyatları üzerindeki potansiyel etkileri model çerçevesinde değerlendirilmiştir. Model performansları Ortalama Mutlak Hata (MAE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, hem açılış hem de kapanış fiyatı tahminlerinde GRU modelinin çoğu değişken için daha düşük hata değerleri üreterek daha başarılı ve istikrarlı bir tahmin performansı sergilediğini göstermektedir. İşlem hacmi serilerinde ise model performanslarının daha heterojen bir yapı sergilediği ve özellikle GRU mimarisinin diğer modellere kıyasla daha düşük hata değerleri üreterek daha güçlü sonuçlar sağladığı belirlenmiştir. Genel olarak çalışma bulguları, derin öğrenme tabanlı yöntemlerin finansal zaman serilerinin tahmininde önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve özellikle GRU mimarisinin farklı finansal değişkenler için dengeli ve yüksek tahmin doğruluğu sağlayabildiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Hisse Senedi Fiyat Tahmini, Döviz, Spor Giyim Sektörü

Jel Kodları: C45, G17, C22, F31, L67

PREDICTING STOCK PRICES AND TRADING VOLUME IN THE GLOBAL SPORTS APPAREL INDUSTRY USING DEEP LEARNING MODELS

Assistant Professor Dr. Aynur İNCEKIRIK

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Econometrics

aynur.incekirik@cbu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5029-6036

Graduate Student Mohammad Luqman YOUSUFI

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Econometrics

m.loqman75@gmail.com

ORCID: 0009-0000-8460-4415

ABSTRACT

In this study, deep learning-based time series models were used to forecast stock prices and trading volumes for Adidas, Nike, and Under Armour, companies operating in the global sports apparel industry. Since the sports apparel sector holds a significant position in terms of global trade volume, brand value, and investor interest in financial markets, accurately modeling the stock price dynamics of companies operating in this sector is important both for academic literature and for investment decisions. In this context, the study applied Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Gated Recurrent Unit (GRU), and Recurrent Neural Network (RNN) architectures to comparatively evaluate model performance. The dataset used in the study consists of daily price and trading volume series covering the period from January 4, 2010, to February 13, 2026. Stock data was obtained from the Yahoo Finance database. Additionally, to account for the impact of global financial conditions on stock prices, the U.S. Dollar Index (DXY), the EUR/USD exchange rate, and the USD/CNY exchange rate—representing the exchange rate between the U.S. dollar and the Chinese yuan—were included in the analysis. Thus, the potential effects of global dollar movements and fluctuations in international foreign exchange markets on stock prices were evaluated within the model framework. Model performance was assessed using the Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metrics. The findings indicate that the GRU model demonstrated a more successful and stable forecasting performance by producing lower error values for most variables in both opening and closing price forecasts. In trading volume series, however, model performances exhibited a more heterogeneous structure, and it was determined that the GRU architecture produced lower error values compared to other models, yielding stronger results. Overall, the study's findings reveal that deep learning-based methods hold significant potential for forecasting financial time series and that the GRU architecture can provide balanced and high forecasting accuracy for various financial variables.

Keywords: Deep Learning, Stock Price Forecasting, Exchange Rates, Sportswear Industry, Financial Time Series

Jel Codes: C45, G17, C22, F31, L67

EKOLOJİK KAPASİTE SINIRLARINDA BÜYÜME: OECD EKONOMİLERİNİN ÇEVRESEL VERİMLİLİK DİNAMİKLERİ VE İKLİM HEDEFLERİ

Doç. Dr. Ayşegül BAYKUL

İktisat Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

aysegulbaykul@sdu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7581-9972

ÖZET

Bu çalışmada, OECD ülkelerinin ekonomik büyüme stratejileri ile çevresel sürdürülebilirlik hedefleri arasındaki denge, karbon emisyonları ve kaynak tüketimi çerçevesinde incelenmiştir. Küresel iklim krizinin giderek derinleştiği günümüzde, gelişmiş ekonomilerin ekolojik kapasitelerini aşmadan çevresel performanslarını nasıl yönettikleri analiz edilmiştir. Bu amaçla, üretim sürecindeki yönetsel eksiklikleri ve yapısal verimsizlikleri doğrudan ortaya koyabilen, CO₂ emisyonlarını istenmeyen çıktı olarak içselleştiren, radyal olmayan ve yönsüz Gevşeklik Temelli Veri Zarflama Analizi (SBM-VZA) modeli kullanılmıştır. Analiz, ülkeler arasındaki ölçek farklılıklarını dikkate almak amacıyla Getiriye Göre Değişen Ölçek (VRS) varsayımı altında gerçekleştirilmiştir. Modelde işgücü, sermaye ve enerji tüketimi girdi; GSYH istenen çıktı ve CO₂ emisyonları ise istenmeyen çıktı olarak tanımlanmış, bu sayede ülkelerin uzun dönemli çevresel verimlilik düzeyleri hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgular, OECD ülkeleri arasında çevresel verimlilik açısından belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Estonya, Fransa ve İsviçre analiz dönemi boyunca etkin üretim sınırında yer alarak tam verimlilik sergilerken, Kanada, Avustralya ve Güney Kore gibi ülkelerin ortalama verimlilik skorlarının 0,65'in altında kaldığı ve bu ülkelerde çevresel performansın iyileştirilmesine yönelik önemli bir potansiyel bulunduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, yüksek gelir ve ekonomik gelişmişlik düzeyinin tek başına yüksek çevresel verimlilik sağlamadığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, çevresel performansı düşük kalan OECD ekonomilerinde yalnızca teknolojik gelişmelere odaklanmanın yeterli olmadığı, aynı zamanda karbon yoğun üretim yapısının dönüştürülmesi ve ekolojik sürdürülebilirliği merkeze alan yapısal politikaların uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Verimlilik, Sürdürülebilir Üretim, Karbon Emisyonu, Yeşil Büyüme, SBM-VZA.
JEL Kodları: Q56, C44, O44.

GROWTH WITHIN ECOLOGICAL CAPACITY LIMITS: ENVIRONMENTAL EFFICIENCY DYNAMICS AND CLIMATE TARGETS OF OECD ECONOMIES

Assoc. Prof. Dr. Ayşegül BAYKUL

Süleyman Demirel University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics,

aysegulbaykul@sdu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7581-9972

ABSTRACT

This study examines the balance between economic growth strategies and environmental sustainability goals in OECD countries within the framework of carbon emissions and resource consumption. In the context of an increasingly severe global climate crisis, the analysis focuses on how advanced economies manage their environmental performance without exceeding their ecological capacities. To this end, a non-radial and non-oriented Slack-Based Measure Data Envelopment Analysis (SBM-DEA) model incorporating undesirable outputs was employed. The model directly identifies managerial inefficiencies and structural performance gaps while treating CO₂ emissions as an undesirable output. To account for differences in country size and production capacity, the analysis was conducted under the Variable Returns to Scale (VRS) assumption. Labor, capital, and energy consumption were defined as inputs, gross domestic product (GDP) as the desirable output, and CO₂ emissions as the undesirable output. Based on this framework, long-term environmental efficiency scores were calculated for OECD countries.

The findings reveal substantial heterogeneity in environmental efficiency across OECD economies. Estonia, France, and Switzerland consistently operated on the efficient frontier throughout the study period, achieving full efficiency. In contrast, Canada, Australia, and South Korea recorded average efficiency scores below 0.65, indicating considerable room for environmental and managerial improvement. The results demonstrate that a high level of economic development does not automatically translate into superior environmental efficiency. Accordingly, the study concludes that economies lagging behind the efficiency frontier require more than technological advancement alone. Structural reforms aimed at reducing carbon-intensive production patterns and strengthening ecological sustainability should be prioritized to achieve long-term climate objectives.

Keywords: Environmental Efficiency, Sustainable Production, Carbon Emissions, Green Growth, SBM-DEA.
JEL Codes: Q56, C44, O44.

YAPAY ZEKA DESTEKLİ RİSK ANALİZ SİSTEMLERİNİN VERGİ KAYIP-KAÇAĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doç. Dr. Burak ÖKDE

Hakkari Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü,

burakokde@hakkari.edu.tr

ORCID: 0000-0002-0314-1293

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye ekonomisinde 2000-2026 dönemini kapsayan süreçte, kamu mali yönetiminde kullanılan yapay zeka ve dijital risk analiz sistemlerinin vergi kayıp ve kaçığını önlemedeki etkinliğini ampirik olarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Maliye politikasının dijitalleşme süreci, özellikle 2018 yılından itibaren yapay zekâ tabanlı algoritmaların denetim süreçlerine entegre edilmesiyle yeni bir boyuta taşınmıştır. Çalışmada, E Views ekonometri paket programı kullanılarak; vergi kayıp-kaçığını temsil eden veriler, 2026 yılı sabit fiyatlarıyla güncellenmiş reel kamu BİT yatırımları ve e-dönüşüm hacmi arasındaki ilişkiler Johansen Eş bütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) yöntemleriyle incelenmiştir. Ayrıca, yapay zekâ kullanımındaki radikal geçişi temsil eden bir kukla değişken (dummy variable) modele dahil edilerek yapısal kırılma analizi gerçekleştirilmiştir. Ampirik bulgular, yapay zekâ destekli denetim kapasitesindeki reel artışın, vergi kayıp-kaçığı üzerinde uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Etki-tepki fonksiyonları, teknolojik altyapıya yapılan yatırımların vergi uyumu üzerindeki olumlu etkisinin belirli bir gecikmeyle (time-lag) ortaya çıktığını ve kalıcı bir iyileşme sağladığını kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Vergi Kaçağı, Maliye Politikası, Zaman Serisi Analizi, Türkiye Ekonomisi.

Jel Kodları :C32, H26, O33.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-POWERED RISK ANALYSIS SYSTEMS ON TAX EVASION AND AVOIDANCE IN TÜRKİYE

Assoc. Prof. Dr. Burak ÖKDE

Hakkari University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Public Finance

burakokde@hakkari.edu.tr

ORCID: 0000-0002-0314-1293

ABSTRACT

This study aims to empirically analyze the effectiveness of artificial intelligence (AI) and digital risk analysis systems used in public financial management in preventing tax evasion and avoidance in the Turkish economy, covering the period 2000–2026. The digitalization process of fiscal policy has moved into a new dimension, particularly since 2018, with the integration of AI-based algorithms into tax audit processes. Utilizing the EViews econometric software package, the relationships between proxy variables for tax evasion, real public ICT investments (deflated to 2026 constant prices), and e-transformation volume were examined using Johansen Cointegration and Vector Error Correction Model (VECM) methodologies. Furthermore, a structural break analysis was conducted by incorporating a dummy variable representing the radical transition to AI-driven systems. Empirical findings indicate that the real increase in AI-supported audit capacity has a statistically significant and negative impact on tax evasion in the long run. Impulse-response functions demonstrate that the positive effects of technological infrastructure investments on tax compliance emerge with a certain time lag and lead to permanent improvements. In light of these results, the study provides policy recommendations emphasizing the strategic importance of investing in AI-based "smart audit" systems to establish tax equity and maximize public revenue.

Keywords: Artificial Intelligence, Tax Evasion, Fiscal Policy, Time Series Analysis, Turkish Economy.

Jel Codes: C32, H26, O33.