

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ DEĞERLENDİRMELERİ

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Ahmet TAŞ

Yönetim Bilişim Sistemleri Değerlendirmeleri

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Ahmet TAŞ

yaz
yayınları

2025

Yönetim Bilişim Sistemleri Değerlendirmeleri

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Ahmet TAŞ

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8508-45-1

Ekim 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Yönetim Bilişim Sistemlerinde Duygu Analizi Uygulamaları: Yöntemler, Araçlar ve Kurumsal Kullanımlar.....	1
<i>Muhammed Çağrı AKSU</i>	
Dijital Dönüşüm Çağında Askeri Eğitim: Yapay Zekâ ve Türk Silahlı Kuvvetleri Yaklaşımı.....	22
<i>Erdal KILIÇ</i>	
The Impact of Social Media Influencers on Consumer Purchase Behavior and Decision.....	44
<i>Beyza KÖKTEN, İlkin Ecem EMRE</i>	
Büyük Dil Modelleri ve Karar Destek Sistemleri.....	67
<i>Muhammed Çağrı AKSU</i>	
Dijital Mahremiyet ve Veri Güvenliği.....	81
<i>Hüseyin Bilal MACİT</i>	
Algoritmik Yönetim, Adalet ve Şeffaflık: EU AI ACT Sonrası İşyerinde Yeni Paradigma	114
<i>Saliha EMRE DEVECİ</i>	
Yeşil Teknoloji ve Teknoloji Transferi: Kavramsal Çerçeve ve Uygulama Dinamikleri	140
<i>Tuba AKPINAR, Cem AYDEN</i>	
Yenilenebilir Enerji ve Sürdürülebilirlik: Geleceğin Enerji Sistemleri.....	168
<i>Tuba AKPINAR, Cem AYDEN</i>	

Optimizing Stock Portfolio Selection Using Chatgpt: A Comparative Analysis With Bist100, Usd, and Gold Benchmarks	200
--	------------

Mansur BEŞTAŞ

Yönetim Bilişim Sistemleri Perspektifinden Türkiye Yükseköğretiminde Kalite Güvencesi	215
--	------------

Mehmet TEPELİ

İnsan-Bilgisayar Etkileşiminde Bilişsel Esneklik ve Kontrol	245
--	------------

Tayfun YÖRÜK, Tuba SARI

Anthropomorphism in Interaction Design: A Conceptual Review of the Humanization of Digital Agents	262
--	------------

Nurullah TAŞ

A Conceptual Overview of Knowledge-Based Generative Artificial Intelligence Architectures: Retrieval-Augmented Generation (RAG)	286
--	------------

Nurullah TAŞ

Makine Öğrenmesinde Kategorik Veri Analizi: Teori, Yöntemler ve Uygulamalar	311
--	------------

Serpil SEVİMLİ DENİZ

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE DUYGU ANALİZİ UYGULAMALARI: YÖNTEMLER, ARAÇLAR VE KURUMSAL KULLANIMLAR

Muhammed Çağrı AKSU¹

1. GİRİŞ

Dijital çağda artan veri miktarı ve özellikle sosyal medya kullanımı duygu analizi alanına olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Kişilerin ürünlere, hizmetlere veya çeşitli konulara dair görüş ve duygularının otomatik olarak analiz edilebilmesi işletmelerden akademik araştırmalara kadar geniş bir yelpazede değerli görülmektedir (Brynielsson, Johansson, Jonsson, & Westling, 2014; Liu, 2010).

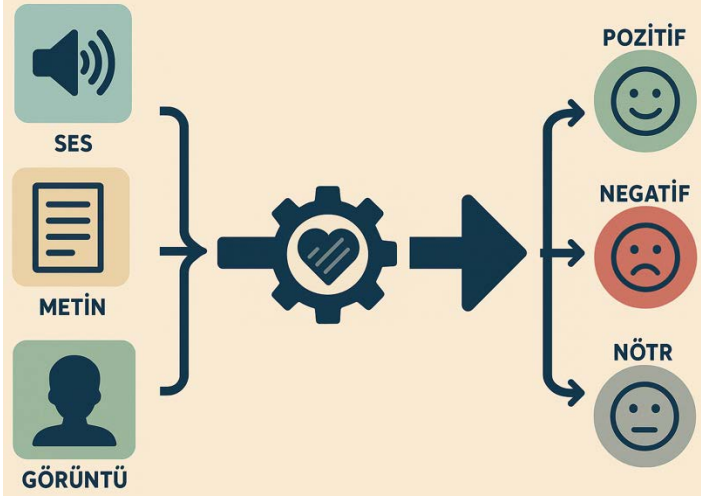
1.1. Duygu Analizinin Tanımı ve Önemi

Duygu analizi diğer adıyla görüş madenciliği bireylerin ürünler, hizmetler, kurumlar, kişiler, olaylar, konular ve bunlara ilişkin özellikler hakkındaki görüşlerini, değerlendirmelerini, tutumlarını ve duygusal yaklaşımlarını inceleyen bir araştırma alanıdır (Liu, 2022). Duygu analizi alanındaki çalışmalar 2000’li yılların başından itibaren hız kazanmış, terimin ilk kez Nasukawa ve Yi (2003) tarafından kullanıldığı ve o dönemden sonra birçok çalışma yapıldığı bilinmektedir (Ekim & İner, 2021; Mao, Liu, & Zhang, 2024).

Duygu analizi Şekil 1’de gösterildiği üzere büyük miktardaki metin, ses ve görüntü gibi verilerin incelenerek bu

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, cagriaksu@artvin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8577-4413

verilerdeki duyguların belirlenmesi süreci olarak tanımlanabilir (Yurdasever, 2024).



Şekil 1. Duygu Analizi

Duygu analizinin önemi özellikle çevrimiçi ortamlarda üretilen büyük miktardaki görüş bilgisinin değere dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Hem bireyler hem de kurumlar karar alma süreçlerinde başkalarının düşüncelerini dikkate alma eğilimindedir. Bu açıdan bakıldığında duygu analizi geleneksel yöntemlerle toplanması zor olan geniş çaplı öznel veriyi anlamlandırma imkânı sunmaktadır. Güncel çalışmalar duygu analizinin iş dünyası ve toplum için giderek kritik hale geldiğini vurgulamaktadır. Liu (2015) duygu analizinin gelişen bir araştırma alanı olduğunu belirtirken iş dünyasında ve toplumda giderek önem kazanan bir rol üstlendiğine dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Adekunle, Chukwuma-Eke, Balogun, ve Ogunsola (2024) çalışmalarında duygu analizinin müşteri davranışlarını anlamak ve karar alma süreçlerini iyileştirmek isteyen işletmeler için önemli bir araç haline geldiğini ifade ederek duygu analizinin müşteri davranışlarını anlama ve karar verme süreçlerindeki kilit rolüne işaret etmektedir.

Günümüzde işletmeler müşteri memnuniyet düzeylerini, marka algılarını ve ürünlere ilişkin geri bildirimleri duygu analizi yöntemleriyle inceleyerek stratejik karar alma süreçlerini veri temelli bir yaklaşımla şekillendirmektedir (Wu, Xia, & Tian, 2025). Bu bağlamda duygu analizi pazarlama, halkla ilişkiler ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi birçok kurumsal alanda rekabet avantajı sağlayan kritik bir araç olarak konumlanmaktadır. Akademik literatürde giderek daha fazla çalışmaya konu olması ve çeşitli sektörlerde artan uygulama örnekleri duygu analizinin hem kuramsal hem de pratik boyutta öneminin arttığını göstermektedir.

1.2. Yönetim Bilişim Sistemleri Bağlamında Duygu Analizinin Yeri

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) bilgi teknolojilerinin organizasyonel karar destek amaçlı kullanımı ve yönetimi üzerine odaklanan bir disiplindir (Laudon & Laudon, 2004). Bu bağlamda duygu analizi yapısı gereği YBS alanına katkı sağlayan çağdaş bir araç olarak görülmektedir. Özellikle işletmeler karar alma süreçlerinde veriye dayalı içgörülere ihtiyaç duyduklarından yapılandırılmamış veri sayılabilecek metin ve sosyal medya içeriklerinden anlam çıkarmak için duygu analizi tekniklerine başvurumaktadırlar (Souza, Kolchyna, Treleaven, & Aste, 2015). Nitekim 2000’li yıllardan sonra işletmeler tarafından sıkça kullanılmaya başlanan duygu analizi araçları organizasyonların veriye dayalı kararlar almasını ve çalışan duyguları hakkında daha etkili stratejik içgörüler elde etmesini sağlamıştır (Yurdasever, 2024). Bu durum duygu analizinin sadece pazarlama veya müşteri ilişkileri yönetiminde değil aynı zamanda insan kaynakları gibi iç süreçlerde de yöneticilere faydalı bilgiler sunabildiğini göstermektedir.

Duygu analizinin YBS içerisindeki konumu literatürde karar destek ve iş zekâsı perspektifinden ele alınmaktadır. Bir

yönetim bilişim sistemi unsuru olarak duygu analizi, yöneticilerin doğru ve zamanında karar alabilmeleri için gereken öznel bilgiyi sağlamaktadır. Sar (2021) tarafından yapılan bir çalışmada *“alınacak karara destek olması sebebi ile duygu analizleri karar destek sistemleri arasında görülmektedir”* şeklinde belirtilerek duygu analizinin karar destek mekanizmalarındaki yerine dikkat çekilmiştir. Benzer biçimde Adekunle vd. (2024) duygu analizini çağdaş iş zekâsı uygulamaları açısından değerlendirerek *“duygu analizi, iş zekasına yönelik dönüştürücü bir yaklaşımı temsil ederek, kuruluşların giderek dijitalleşen bir ekonomide rekabetçi ve müşteri odaklı kalmalarını sağlar”* şeklinde güçlü bir tespitte bulunmuşlardır.

Kısacası duygu analizi YBS kapsamında verinin stratejik kararlarla buluştuğu noktada konumlanmakta, müşterilerden çalışanlara uzanan geniş bir spektrumda duygusal içgörülerini yönetsel kararlara entegre ederek kurumsal fayda yaratmaktadır.

2. DUYGU ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Duygu analizi uygulamaları verinin doğasına ve analiz amacına göre farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemleri sözlük tabanlı yaklaşımlar, makine öğrenmesi temelli yöntemler ve derin öğrenme modelleri olmak üzere üç grupta incelemek mümkündür. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları vardır.

2.1. Sözlük Tabanlı Yaklaşımlar

Sözlük tabanlı yaklaşımlarda belirli duygusal değerler (pozitif, negatif, nötr vb.) atanan kelime listeleri kullanılarak metinlerdeki duygu yönelimi analiz edilmektedir. Sözlük tabanlı yaklaşımda analiz edilmek istenilen metindeki her bir kelime sözlükte aranmakta ve sözlükte her bir kelimenin bir duygu skoru bulunmaktadır. Negatif kelimeler eksi, pozitif kelimeler artı

değerli olmaktadır. Analiz edilmek istenilen metindeki her kelimenin sözlükteki skor karşılığı elde edildikten sonra bu değerler toplanarak metnin duygusu tespit edilmektedir (Guerini, Gatti, & Turchi, 2013). Bu yöntemde kullanılan sözlükler genellikle belirli bir dildeki sözcüklerin anlam ve tonlarını içermektedir. İngilizce’de SentiWordNet, LIWC (Linguistic Inquiry and Word Count) gibi kapsamlı duygu sözlükleri sıkça kullanılmaktadır (Baccianella, Esuli, & Sebastiani, 2010; Pennebaker, Francis, & Booth, 2001). Türkçe olarak ise SentiTurkNet gibi sözlükler bulunmaktadır (Dehkharghani, Saygin, Yanikoglu, & Oflazer, 2016).

Bu yaklaşımların en büyük avantajı denetimsiz verilerle çalışabilmesi ve hızlıca sonuç üretmesidir. Özellikle eğitim verisinin bulunmadığı durumlarda faydalı bir çözümdür. Ancak bağlamdan bağımsız çalıştığı için çok anlamlı kelimeler, ironi veya bağlamsal tonlama gibi karmaşık dilsel yapıları algılamada yetersizdir (Taboada, Brooke, Tofiloski, Voll, & Stede, 2011).

Yönetim bilişim sistemleri bağlamında sözlük tabanlı yöntemler özellikle sosyal medya izleme, genel kamuoyu analizi ve müşteri geribildirimini özetlemesi gibi görevlerde kullanılabilir. Bununla birlikte sistemin özelleştirilmiş karar destek sağlaması gereken durumlarda daha sofistike modellere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2. Makine Öğrenmesi Yöntemleri

Makine öğrenmesi yöntemleri metinleri pozitif, negatif veya nötr olarak sınıflandırmak için denetimli öğrenme algoritmalarına dayanır. Bu yöntemlerde sınıflandırma modeli etiketlenmiş veri setleri üzerinden eğitilmektedir. En sık kullanılan algoritmalar arasında Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağaçları ve Lojistik Regresyon yer almaktadır (Pak & Paroubek, 2010; Pang, Lee, & Vaithyanathan, 2002).

Makine öğrenmesi tabanlı duygu analizi bağlamı daha iyi yakaladığı için sözlük tabanlı yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk sağlamaktadır. Ancak başarısı, büyük ve dengeli etiketli veri setlerinin varlığına bağlıdır. Veri ön işleme, özellik çıkarımı ve model değerlendirme bu sürecin önemli aşamalarıdır (Medhat, Hassan, & Korashy, 2014).

YBS uygulamalarında makine öğrenmesi yöntemleri özellikle kurumsal müşteri hizmetleri, e-öğrenme platformları ve içsel organizasyonel duygu takibi gibi sistemlerde kullanılabilir. Özellikle büyük çağrı merkezi verilerinin analizinde etkili sonuçlar vermektedir (Robert, Okunola, & Rhema, 2024).

2.3. Derin Öğrenme Modelleri

Derin öğrenme, duygu analizinde son yıllarda en başarılı sonuçları sunan yaklaşımlardan biri olmuştur. Özellikle sıralı veri işleme yeteneğine sahip modeller, metinlerin bağlamını ve duygusal örüntülerini öğrenmede büyük avantaj sağlamaktadır. Bu alanda Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ağları ve Transformers tabanlı modeller öne çıkmaktadır.

LSTM modelleri metin içerisindeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenerek duygu yönelimini daha isabetli belirleyebilmektedir (Hochreiter & Schmidhuber, 1997). Transformers mimarisine dayanan BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modeli ise bağlamı çift yönlü olarak analiz ederek kelimelerin anlamlarını cümle içindeki yerine göre öğrenebilmektedir (Devlin, Chang, Lee, & Toutanova, 2019). Bu sayede ironi, çokanlamlılık, bağlama duyarlılık gibi sorunlarda diğer yöntemlere göre çok daha başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak bu modeller yüksek işlem gücü ve büyük etiketli veri kümeleri gerektirmektedir. Ayrıca model eğitimi oldukça zaman alıcıdır. Yine de transfer öğrenme sayesinde önceden eğitilmiş BERT modelleri, belirli görevler için ince ayar yapılarak yeniden kullanılabilir.

YBS sistemlerinde derin öğrenme modelleri, müşteri ilişkileri yönetimi, duyguya duyarlı sohbet robotları, çalışan memnuniyeti anketleri gibi daha sofistike uygulama alanlarında tercih edilmektedir (Merizig, Belouaar, Bakhouch, & Kazar, 2024; Rane, 2023).

3. ARAÇLAR VE TEKNOLOJİLER

Yönetim bilişim sistemlerinde duygu analizi uygulamalarında kullanılan araçlar ve teknolojiler açık kaynak kodlu çözümlerden ticarî platformlara kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. Metin tabanlı veriler üzerinde duygu analizi gerçekleştirmek amacıyla sıklıkla tercih edilen Python kütüphaneleri, esnek yapıları ve geliştirilebilirlik özellikleri ile dikkat çekerken analiz sonuçlarının karar vericiler tarafından yorumlanabilir hâle gelmesinde iş zekâsı panoları önemli rol oynamaktadır.

3.1. Python Kütüphaneleri

Python dili doğal dil işleme ve duygu analizi alanında zengin kütüphanelere sahiptir. Özellikle NLTK, TextBlob ve Transformers tabanlı derin öğrenme modelleri metinlerden duygusal içgörü elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu araçlar farklı yaklaşımlar sunmakta olup her birinin kendine özgü avantaj ve sınırlılıkları vardır.

NLTK (Natural Language Toolkit) doğal dil işleme için kapsamlı ve özelleştirilebilir bir platformdur (Bird, Klein, & Loper, 2009). Metin işleme, kelime köklerine ayırma, dilbilgisi etiketleme gibi temel doğal dil işleme görevlerini destekler. NLTK içindeki VADER (Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner) özellikle sosyal medya metinlerinde duygu analizinde başarılıdır ve emoji, büyük harf kullanımı gibi vurgu unsurlarını analiz edebilmektedir. Ancak büyük veri kümelerini

işlerken hız konusunda sınırlıdır ve kullanımı daha özelleştirme gerektirmektedir (Hutto & Gilbert, 2014).

TextBlob, NLTK üzerine inşa edilmiş basit ve kullanıcı dostu bir arayüz sunmaktadır (Loria, 2020). Metinleri otomatik olarak analiz ederek polarite ve öznelik skorları üretir. Özellikle küçük ölçekli projelerde ve hızlı prototip geliştirme aşamasında idealdir. Ancak TextBlob dil inceliklerini anlamakta zorlanmakta ve İngilizce dışındaki dillerde sınırlı performans göstermektedir (Bak, 2024).

Transformers mimarisi ise son yıllarda derin öğrenmeye dayalı doğal dil işlemede çığır açmış ve duygu analizinde de en başarılı sonuçları elde eder hale gelmiştir. Özellikle BERT gibi önceden eğitilmiş modeller metinlerin bağlamını derinlemesine anlayarak duygu analizinde yüksek doğruluk sağlamaktadır (Devlin vd., 2019). Hugging Face Transformers gibi Python kütüphaneleri bu güçlü modellerin kolayca kullanılmasını sağlamaktadır (Wolf vd., 2020).

Sonuç olarak NLTK ve TextBlob basit, küçük ölçekli projeler için uygunken Transformer modelleri daha yüksek doğruluk ve bağlam odaklı analiz gerektiren uygulamalar için idealdir.

3.2. Görselleştirme ve Gösterge Panoları

Duygu analizi çalışmalarının YBS kapsamında değer yaratabilmesi için analiz çıktılarının karar vericilere anlaşılır bir biçimde sunulması büyük önem taşımaktadır. Bu noktada görselleştirme araçları ve gösterge panoları devreye girmektedir. Büyük ölçekli iş verilerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan iş zekâsı araçları olan Microsoft Power BI ve Tableau duygu analizi sonuçlarını etkili biçimde görselleştirmek ve etkileşimli raporlar oluşturmak için de kullanmak mümkündür.

Microsoft Power BI, veri analizi ve görselleştirme konusunda son yılların en popüler araçlarından biridir. Duygu analizi bağlamında Power BI'yı iki senaryoda kullanmak mümkündür. Birinci senaryoda önceden hesaplanmış duygu skorları (ör. Python ile hesaplanmış pozitiflik/negatiflik değerleri) Power BI'a aktarılır ve grafikler, tablolar veya haritalar gibi görsel bileşenler üzerinde gösterilir. İkinci senaryoda ise Power BI, Microsoft'un bulut tabanlı Azure Cognitive Services API'lerini kullanarak metin verisinden doğrudan duygu skoru üretebilmektedir (Mhatre, 2020).

Tableau, 2004 yılında piyasaya çıkan ve veri görselleştirme alanında öncülerden sayılan bir platformdur. Kullanıcı dostu sürükle-bırak arayüzü sayesinde iş analitiği topluluklarında geniş kabul görmüştür. Tableau'nun Power BI'dan temel farklarından biri, ilk çıktığı günden beri çok çeşitli heterojen veri kaynaklarına esnek şekilde bağlanabilmesi ve gelişmiş, çok katmanlı görselleştirme yetenekleridir. Duygu analizi sonuçlarını Tableau üzerinde sunmak için başlıca iki yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşımda veri içi hesaplama yapılmaktadır. Eğer duygu skorları veri kümesinde hazır halde bulunuyorsa (örneğin her müşteri yorumu için önceden hesaplanmış bir pozitiflik puanı CSV dosyasında mevcutsa) Tableau bu verileri doğrudan içeri aktararak grafiklerde kullanabilmektedir. İkinci yaklaşım ise harici araç entegrasyonu ile dinamik hesaplama yapmaktır. Tableau belirli eklentilerle R veya Python gibi dillere bağlanarak gerçek zamanlı analiz yapabilmektedir (Bowes, 2018).

İşlevsellik açısından Tableau ve Power BI benzer amaçlara hizmet etmekte ve genellikle birbirini tamamlar şekilde kullanılmaktadır. Güncel pazar araştırmaları bu iki aracın birlikte iş zekası pazarının önemli bir bölümünü ellerinde tuttuğunu göstermektedir (Mhatre, 2020).

4. KURUMSAL KULLANIM ALANLARI

Günümüzde duygu analizi birçok sektörde yönetsel karar desteği amacıyla yaygın kullanılmaktadır. Özellikle yoğun metinsel veri üreten alanlarda kurumlara önemli içgörüler sunmaktadır. Sosyal medya yönetiminden müşteri ilişkileri yönetimi (MİY) sistemlerine, kamu hizmetlerinden eğitim teknolojilerine kadar farklı alanlarda kullanım örnekleri bulunmaktadır.

Sosyal medya yönetimi ve itibar analizi, kurumların kamuoyu ile hızlı iletişim kurduğu temel alanlardan biridir. Duygu analizi sosyal medya içeriklerini gerçek zamanlı değerlendirerek kurumsal itibar yönetimine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu yöntem özellikle krizlerin erken tespiti ve marka algısının izlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Stieglitz & Dang-Xuan, 2013).

Müşteri memnuniyeti ve MİY sistemlerinde de duygu analizi etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Müşteri geri bildirimlerini otomatik analiz eden duygu analizi araçları gerçek zamanlı ve geniş ölçekte müşteri memnuniyetini takip etmeyi mümkün kılmaktadır. MİY sistemleriyle entegre duygu analizi araçları olumsuz duygusal tepkileri hızlıca tespit ederek müşteri deneyimini geliştirme fırsatı sunmaktadır. Telekom operatörleri ve havayolu şirketleri gibi kuruluşların müşteri geri bildirimlerini analiz ederek hizmet kalitelerini ve operasyonel süreçlerini iyileştirmeleri buna örnek olarak gösterilebilir (Misopoulos, Mitic, Kapoulas, & Karapiperis, 2014).

Kamu kurumlarında vatandaş geri bildirimlerinin analizi duygu analizinin önemli bir başka kullanım alanıdır. Kamu kurumlarının sosyal medya hesaplarına yapılan yorumlar, şikâyet platformları ve anketlerden gelen geri bildirimler vatandaş memnuniyetini ölçmek ve kamu politikalarını geliştirmek için

kritik bilgiler sağlamaktadır (Charalabidis, N. Loukis, Androutsopoulou, Karkaletsis, & Triantafillou, 2014).

Son olarak duygu analizi e-öğrenme sistemlerinde öğrenci yorumları ve forum mesajlarını otomatik değerlendirerek eğitim kalitesini artırmaya yönelik içgörüler sağlamaktadır. Bu yöntem genellikle öğrenci motivasyonunu yükseltmek ve öğretim yöntemlerini sürekli iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Ortigosa, Martín, & Carro, 2014).

5. SONUÇ

Dijital dönüşüm ve büyük veri çağında duygu analizi yönetim bilişim sistemleri için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. İşletmeler ve kurumlar yapılandırılmamış devasa veri yığınlarından (ör. sosyal medya gönderileri, müşteri yorumları) duygusal içgörüler elde ederek karar alma süreçlerini zenginleştirmektedir. Bu kitap bölümünde tartışıldığı üzere duygu analizi bireylerin ve kitlelerin öznel görüşlerini otomatik olarak değerlendirme becerisiyle geleneksel veri analizine kıyasla benzersiz bir değer sunmaktadır. Özellikle müşteri geri bildirimlerinin ve kamuoyu eğilimlerinin veriye dayalı yönetim kararlarına dönüştürülmesi kurumları daha müşteri odaklı stratejiler geliştirmeye itmektedir. Literatürde de vurgulandığı gibi duygu analizi yöntemlerinin yükselen popüleritesi çok kriterli karar verme teknikleri ve öngörücü algoritmalarla birleştirilerek karar süreçlerini desteklemektedir. Bu sayede işletmelerde karar verme kalitesini artırıp müşteri merkezli yaklaşımları teşvik etmektedir (Aguilar-Moreno, Palos-Sanchez, & Pozo-Barajas, 2024).

Bu bölümde ele alınan yöntemler (sözlük tabanlı, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yaklaşımları) ve araçlar (Python tabanlı kütüphaneler ve iş zekâsı panoları) duygu analizinin kurumsal ortamlarda nasıl uygulanabileceğine dair kapsamlı bir

çerçeve sunmuştur. Sözlük tabanlı yöntemler hızlı ve etiketlenmemiş veriyle çalışabilme avantajıyla genel eğilimleri tespit etmede kullanılabilirken makine öğrenmesi tabanlı teknikler daha yüksek doğruluk oranlarıyla bağlamsal değerlendirmeler yapabilmektedir. Derin öğrenme modelleri ise dilin nüanslarını ve karmaşık örüntüleri çözmede en başarılı sonuçları vererek özellikle ironi, çok anlamlılık gibi zorlukların üstesinden gelmekte etkili olmaktadır. Bölümde ayrıca NLTK, TextBlob, Transformers gibi Python kütüphaneleri ve Power BI, Tableau gibi gösterge paneli araçlarının duygu analizi çıktılarının yöneticilere anlamlı biçimde sunulmasındaki rolleri incelenmiştir. Bu araçlar sayesinde duygu analizi sonuçları görsel ve etkileşimli raporlar şeklinde YBS altyapısına entegre edilerek karar vericilere pratik fayda sağlamaktadır.

Yönetim bilişim sistemleri bağlamında duygu analizi veriye dayalı karar verme kültürünün önemli bir tamamlayıcısı olarak konumlanmaktadır. YBS'nin geleneksel olarak yapılandırılmış verilerden beslenen karar destek ve iş zekâsı mekanizmaları duygu analizi sayesinde yapılandırılmamış verilerden (metin, ses, görüntü) elde edilen zengin içgörülerini de bünyesine katabilmektedir. Bu sayede yöneticiler yalnızca sayısal metriklere değil müşterilerin ve çalışanların duygusal tepkilerine de hâkim olarak daha bütüncül kararlar alabilmektedir. Duygu analizi çıktılarının MİY sistemleri ve kurumsal performans göstergeleriyle birleştirilmesi müşteri deneyimini iyileştirme, marka itibarını yönetme ve pazar eğilimlerini öngörme gibi kritik alanlarda rekabet avantajı yaratmaktadır. Yapılan araştırmalar da bu durumu desteklemektedir (Aguilar-Moreno vd., 2024).

Geleceğe yönelik bakıldığında duygu analizinin YBS içindeki rolünün daha da pekişeceği ve yeni teknolojik gelişmelerle yetkinliklerinin artacağı öngörülmektedir. Doğal dil işlemedeki ilerlemeler ışığında derin öğrenme, dikkat mekanizmaları ve bağlamsal kodlama (contextual embedding)

teknikleri duygu analizinde daha yüksek doğruluk ve anlam çıkarma kabiliyeti sağlayacaktır (Adelakun, 2023). Özellikle büyük dil modellerinin (ör. BERT tabanlı veya sonraki nesil AI modellerinin) kullanımıyla ironik ifadelerin, kültürel dil varyasyonlarının ve çok anlamlı sözcüklerin doğru değerlendirilmesi mümkün hale gelecektir. Bunun yanı sıra duygu analizinin bütünsel veri ekosistemine entegrasyonu hız kazanacaktır. Farklı veri kaynaklarının (sensör verileri, konum bilgileri, IoT cihazlarından gelen sinyaller vb.) duygu analizi çıktılarıyla birleştirilmesi, yöneticilere durumsal farkındalığı yüksek içgörüler sunacaktır (Adelakun, 2023). Gerçek zamanlı duygu analizi de önemli bir trend olarak öne çıkmaktadır. Sosyal medya platformları ve haber akışlarından gerçek zamanlı duygu takibi yaparak anlık gelişen eğilimleri yakalayan işletmeler, rekabet avantajı elde edeceklerdir (Adelakun, 2023). Gerçek zamanlı analiz yeteneği, özellikle kriz yönetimi ve anlık pazarlama stratejileri açısından kritik olup yöneticilerin anlık geri bildirimine dayalı kararlar almasını mümkün kılacaktır. Ayrıca çoklu modlu (cross-modal) duygu analizi yöntemleri giderek önem kazanacaktır. Sadece metin değil aynı zamanda görsel ve sesli verilerdeki duygu ifadelerini birlikte analiz eden yaklaşımlar genel duygusal durumu daha kapsamlı ve doğru biçimde ortaya koyabilecektir (Adelakun, 2023).

Duygu analizi alanında beklenen bir diğer gelişme analitik araçlarla entegrasyonun derinleşmesi olacaktır. Gelecekte duygu analizi öngörücü modelleme, ağ analizi veya risk analizleri gibi diğer karar destek teknikleriyle eşgüdümlü kullanılacaktır (Adelakun, 2023). Bu sayede yöneticiler tek bir platform üzerinden hem geleneksel iş zekâsı göstergelerini hem de duygusal eğilimleri izleyerek daha dengeli kararlar alabilecektir. Nitekim literatürde duygu analizinin diğer analitik yöntemlerle birleştirildiğinde daha sağlam ve kapsamlı bir karar destek çerçevesi oluşturduğu belirtilmektedir (Adelakun, 2023). Ayrıca

duygu analizi yazılım ve hizmetlerine talebin hızla arttığı da gözlemlenmektedir. Yapılan pazar araştırmaları “küresel duygu analizi yazılım pazarının 2024 yılında 2,53 milyar dolar seviyesinden %18’in üzerinde yıllık bileşik büyüme oranıyla 2025 yılında 3 milyar doların üzerine çıkacağını öngörmektedir” (Japesh, 2025). Bu ciddi büyüme beklentisi önümüzdeki dönemde daha fazla kurumun duygu analizi araçlarını benimsediğine ve bu alandaki yatırımların arttığına işaret etmektedir.

Bu gelişmeler ışığında kurumlar ve araştırmacılar için çeşitli öneriler ve dikkat edilmesi gereken noktalar ortaya çıkmaktadır. Kurumlar açısından duygu analizini karar destek süreçlerine entegre etmek artık bir tercih olmaktan çıkıp zorunluluk haline gelmektedir. Stratejik planlamada müşterilerin ve paydaşların duygusal tepkilerini hesaba katan kurumlar değişen piyasa koşullarına ve müşteri beklentilerine daha çevik uyum sağlayabilecektir. Bu nedenle işletmelerin kendi bünyelerinde duygu analizi yetkinlikleri geliştirmeleri ilgili insan kaynağını eğitmeleri ve sonuçları operasyonel karar mekanizmalarına yansıtabilecekleri bir altyapı kurmaları önerilmektedir. Araştırmacılar ve geliştiriciler açısından ise duygu analizi alanında devam eden bazı zorluklar fırsata dönüştürülmelidir. Özellikle dilsel belirsizliklerin giderilmesi, kültürel farklılıkların modele yansıtılması, imla hataları veya kısaltmalar gibi sosyal medya dilinin özelliklerinin daha iyi ele alınması öncelikli araştırma konuları olmalıdır. Gelecekte geliştirilecek çok dilli ve kültürlerarası duygu analizi sistemleri küresel ölçekte faaliyet gösteren şirketler için oldukça değerli olacaktır.

Sonuç olarak duygu analizi yönetim bilişim sistemlerinin stratejik bir unsuru haline gelmiş ve gelecekte bu konumunu daha da güçlendireceğinin işaretlerini vermektedir. İşletmeler için duygu analizi uygulamaları müşteri ve çalışan memnuniyetini

artırmaktan marka itibarını korumaya ürün iyileştirmeden pazarlama stratejilerini şekillendirmeye kadar pek çok alanda somut faydalar sağlamaktadır. Bu kitap bölümünde ele alınan yöntemler, araçlar ve kurumsal kullanım örnekleri duygu analizinin teknik boyuttan stratejik boyuta uzanan geniş etkisini ortaya koymaktadır. Veri odaklı karar verme çağında duygu analizi, kurumların rekabetçi kalabilmeleri için kritik bir avantaj sunmaktadır. Özetle işletmeler ve yöneticiler için başkalarının duygularını ve görüşlerini anlayarak hareket etmek YBS destekli duygu analizi sayesinde artık nicel ve nesnel bir zemine oturtulmuştur. Bundan sonraki yıllarda da duygu analizinin iş dünyasında ve toplum genelinde artan bir ivmeyle kullanılmaya devam edeceği ve yenilikçi uygulamalarla zenginleşerek yönetim bilişim sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adekunle, B., Chukwuma-Eke, E., Balogun, E., & Ogunsola, K. (2024). Sentiment analysis for customer behavior insights: A natural language processing approach to business decision-making. *International Journal of Social Science Exceptional Research*, 3(01), 272-282. <http://dx.doi.org/10.54660/IJSSER.2024.3.1.272-282>
- Adelakun, N. O. (2023). Navigating challenges and future trends in sentiment analysis for investment decision making. *Information Matters*, 3(7). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4513208>
- Aguilar-Moreno, J. A., Palos-Sanchez, P. R., & Pozo-Barajas, R. d. (2024). Sentiment analysis to support business decision-making. A bibliometric study. *AIMS Mathematics*, 9(2), 4337-4375. <https://doi.org/10.3934/math.2024215>
- Baccianella, S., Esuli, A., & Sebastiani, F. (2010). *Sentiwordnet 3.0: an enhanced lexical resource for sentiment analysis and opinion mining*. Paper presented at the Lrec.
- Bak, T. (2024). Top Python NLP Libraries: Features, Use Cases, Pros and Cons. Retrieved from <https://www.softkraft.co/python-nlp-libraries-features-us-cases-pros-and-cons/>
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural language processing with Python: analyzing text with the natural language toolkit*: " O'Reilly Media, Inc."
- Bowes, R. (2018). Working with External Services in Tableau: Python, R, and MATLAB. Retrieved from <https://www.tableau.com/blog/working-external-services-tableau-tabpy-r-matlab-93351>

- Brynielsson, J., Johansson, F., Jonsson, C., & Westling, A. (2014). Emotion classification of social media posts for estimating people's reactions to communicated alert messages during crises. *Security Informatics*, 3(1), 7. <http://doi.org/10.1186/s13388-014-0007-3>
- Charalabidis, Y., N. Loukis, E., Androutsopoulou, A., Karkaletsis, V., & Triantafillou, A. (2014). Passive crowdsourcing in government using social media. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 8(2), 283-308. <https://doi.org/10.1108/TG-09-2013-0035>
- Dehkharghani, R., Saygin, Y., Yanikoglu, B., & Oflazer, K. (2016). SentiTurkNet: a Turkish polarity lexicon for sentiment analysis. *Language Resources and Evaluation*, 50(3), 667-685. <https://doi.org/10.1007/s10579-015-9307-6>
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). *Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding*. Paper presented at the Proceedings of the 2019 conference of the North American chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 1 (long and short papers).
- Ekim, H. E., & İner, A. B. (2021). Duygu analizi ve fikir madenciliği uygulamaları üzerine literatür taraması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2), 93-114.
- Guerini, M., Gatti, L., & Turchi, M. (2013). *Sentiment analysis: How to derive prior polarities from SentiWordNet*. Paper presented at the arXiv preprint arXiv:1309.5843.

- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Hutto, C., & Gilbert, E. (2014). *Vader: A parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text*. Paper presented at the Proceedings of the international AAAI conference on web and social media.
- Japesh, A. (2025). Future of Brand Sentiment: Trends and Innovations in AI-Powered Sentiment Analysis for 2025 and Beyond. Retrieved from <https://superagi.com/future-of-brand-sentiment-trends-and-innovations-in-ai-powered-sentiment-analysis-for-2025-and-beyond/>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2004). *Management information systems: Managing the digital firm*: Pearson Educación.
- Liu, B. (2010). Sentiment analysis and subjectivity. *Handbook of natural language processing*, 2(2010), 627-666.
- Liu, B. (2015). *Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions*: Cambridge University Press.
- Liu, B. (2022). *Sentiment analysis and opinion mining*: Springer Nature.
- Loria, S. (2020). TextBlob Documentation. Retrieved from <https://textblob.readthedocs.io/en/dev/>
- Mao, Y., Liu, Q., & Zhang, Y. (2024). Sentiment analysis methods, applications, and challenges: A systematic literature review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36(4), 102048. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.102048>
- Medhat, W., Hassan, A., & Korashy, H. (2014). Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain*

- Shams Engineering Journal*, 5(4), 1093-1113.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2014.04.011>
- Merizig, A., Belouaar, H., Bakhouch, M. M., & Kazar, O. (2024). Empowering customer satisfaction chatbot using deep learning and sentiment analysis. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(3), 1752-1761. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i3.6966>
- Mhatre, S. (2020). Text Mining and Sentiment Analysis: Power BI Visualizations. Retrieved from <https://www.red-gate.com/simple-talk/databases/sql-server/bi-sql-server/text-mining-and-sentiment-analysis-power-bi-visualizations/>
- Misopoulos, F., Mitic, M., Kapoulas, A., & Karapiperis, C. (2014). Uncovering customer service experiences with Twitter: the case of airline industry. *Management Decision*, 52(4), 705-723. <https://doi.org/10.1108/md-03-2012-0235>
- Nasukawa, T., & Yi, J. (2003). *Sentiment analysis: capturing favorability using natural language processing*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd international conference on Knowledge capture, Sanibel Island, FL, USA. <https://doi.org/10.1145/945645.945658>
- Ortigosa, A., Martín, J. M., & Carro, R. M. (2014). Sentiment analysis in Facebook and its application to e-learning. *Computers in Human Behavior*, 31, 527-541. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.05.024>
- Pak, A., & Paroubek, P. (2010). *Twitter as a corpus for sentiment analysis and opinion mining*. Paper presented at the LREc.
- Pang, B., Lee, L., & Vaithyanathan, S. (2002). Thumbs up? Sentiment classification using machine learning

- techniques. *arXiv preprint* cs/0205070.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.cs/0205070>
- Pennebaker, J. W., Francis, M. E., & Booth, R. J. (2001). Linguistic inquiry and word count: LIWC 2001. *Mahway: Lawrence Erlbaum Associates*, 71(2001), 2001.
- Rane, N. (2023). Enhancing customer loyalty through Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), and Big Data technologies: improving customer satisfaction, engagement, relationship, and experience. *SSRN*.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4616051>
- Robert, A., Okunola, A., & Rhema, A. (2024). Enhancing real-time customer service: Leveraging adaptive machine learning for personalized and efficient customer experiences.
- Sar, K. T. (2021). *Yapay sinir ağları ve bert dil modeli kullanılarak zaman bazlı duygu analizi: Whatsapp yeni gizlilik sözleşmesine yönelik yorumların araştırılması*. (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir,
- Souza, T. T. P., Kolchyna, O., Treleaven, P. C., & Aste, T. (2015). Twitter sentiment analysis applied to finance: A case study in the retail industry. *arXiv preprint arXiv:1507.00784*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1507.00784>
- Stieglitz, S., & Dang-Xuan, L. (2013). Emotions and information diffusion in social media—sentiment of microblogs and sharing behavior. *Journal of management information systems*, 29(4), 217-248.
<https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222290408>
- Taboada, M., Brooke, J., Tofiloski, M., Voll, K., & Stede, M. (2011). Lexicon-based methods for sentiment analysis.

Computational linguistics, 37(2), 267-307.
https://doi.org/10.1162/COLI_a_00049

Wolf, T., Debut, L., Sanh, V., Chaumond, J., Delangue, C., Moi, A., . . . Funtowicz, M. (2020). *Transformers: State-of-the-art natural language processing*. Paper presented at the Proceedings of the 2020 conference on empirical methods in natural language processing: system demonstrations.

Wu, Q., Xia, C., & Tian, S. (2025). AI-Driven sentiment analytics: Unlocking business value in the e-commerce landscape. *arXiv preprint arXiv:2504.08738*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.08738>

Yurdasever, E. (2024). İşletmelerde çalışanlara yönelik duygu analizinin uygulanması: Potansiyel faydalar ve zorluklar. [The application of employee sentiment analysis in organizations: Potential benefits and challenges]. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3), 462-488.
<https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1407694>

DİJİTAL DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA ASKERİ EĞİTİM: YAPAY ZEKÂ VE TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ YAKLAŞIMI

Erdal KILIÇ¹

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi, askeri eğitim sistemlerini radikal bir dönüşümün eşiğine getirmiştir. Yapay zekâ teknolojileri, özellikle generatif AI araçları, profesyonel askeri eğitimde devrim niteliğinde değişimlere yol açmaktadır (Kelly ve Smith, 2024). Kasım 2022'de OpenAI'nın ChatGPT'nin kamuya açılmasıyla başlayan bu süreç, eğitim yaklaşımlarımızı yeniden düşünmeye zorlamaktadır. Günümüzün hızla değişen teknolojik ortamında, yapay zekâ (YZ) askeri eğitimin vazgeçilmez bir bileşeni haline gelmiştir. Özellikle siber güvenlik, istihbarat analizleri ve stratejik planlama alanlarında YZ'nin rolü giderek artmaktadır. Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK), bu dijital dönüşüm sürecinde proaktif bir yaklaşım benimseyerek, teknolojik yeniliklere açık bir eğitim modeli geliştirmektedir.

Uluslararası savunma literatürü, yapay zekânın askeri eğitimdeki dönüştürücü potansiyelini net bir şekilde ortaya koymaktadır. RAND Corporation'ın 2023 raporuna göre, modern ordular yapay zekâ teknolojilerini eğitim süreçlerine entegre ederek operasyonel yeteneklerini önemli ölçüde artırmaktadırlar (Johnson vd., 2023). TSK'nın bu alandaki

¹ Öğr. Gör. Dr., Kara Harp Okulu, Savunma Araştırmaları Bölümü, erdal.kilic@msu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9308-5028.

stratejisi, teknolojik yetkinliklerin yanı sıra insan faktörünü de merkeze alan bütüncül bir yaklaşımı içermektedir.

Yapay zekâ teknolojileri, askeri eğitimde çok boyutlu bir dönüşüm sağlamaktadır. Simülasyon tabanlı eğitim sistemleri, gerçeğe yakın senaryolar oluşturarak personelin karar verme becerilerini geliştirmektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün (MIT) Savunma Araştırmaları Merkezi tarafından yapılan bir çalışma, YZ destekli eğitim simülasyonlarının geleneksel yöntemlere kıyasla öğrenme verimliliğini %40 oranında artırdığını göstermiştir (Williams ve Chen, 2022). Yapay zekâ teknolojileri, askeri eğitimde çok boyutlu bir dönüşüm sağlamaktadır. Simülasyon tabanlı eğitim sistemleri, gerçeğe yakın senaryolar oluşturarak personelin karar verme becerilerini geliştirmektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün (MIT) Savunma Araştırmaları Merkezi tarafından yapılan bir çalışma, YZ destekli eğitim simülasyonlarının geleneksel yöntemlere kıyasla öğrenme verimliliğini %40 oranında artırdığını göstermiştir (Williams ve Chen, 2022).

Modern askeri eğitim modellerinde yapay zekâ, bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Personelin özgün yeteneklerine odaklanan adaptif eğitim sistemleri, hem teknik beceriler hem de liderlik nitelikleri açısından çığır açıcı bir yaklaşım sergilemektedir. NATO Savunma Koleji'nin 2024 raporuna göre, yapay zekâ destekli eğitim programları personelin uyum yeteneğini ve operasyonel performansını anlamlı düzeyde artırmaktadır (NATO Defense College, 2024). Türk Silahlı Kuvvetleri'nin yapay zekâ entegrasyon stratejisi, yalnızca teknolojik altyapı geliştirmeyi değil, aynı zamanda insan kaynaklarının niteliksel dönüşümünü hedeflemektedir. Sürekli eğitim programları, teknoloji okuryazarlığının artırılması ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesi bu vizyonun temel bileşenleridir.

Yapay zekâ, askeri eğitimin geleceğini şekillendiren kritik bir teknolojik araçtır. TSK'nın stratejik ve bilinçli yaklaşımı, ulusal güvenlik açısından hayati bir önem taşımaktadır. Teknolojik yeniliklere açık, insan merkezli ve sürdürülebilir bir eğitim modeli, Türkiye'nin savunma yeteneklerinin güçlendirilmesinde anahtar rol oynayacaktır.

2. DİJİTAL DÖNÜŞÜM ÇAĞINDA ASKERİ EĞİTİM

Küresel güvenlik ekosistemi, 21. yüzyılın ikinci çeyreğinde benzeri görülmemiş bir teknolojik dönüşüm sürecinden geçmektedir. Geleneksel askeri eğitim paradigmaları, hızla değişen jeopolitik dinamikler, teknolojik inovasyonlar ve güvenlik konseptlerindeki radikal değişimler karşısında yetersiz kalmaktadır (Department of Defense, 2023). Dijital dönüşüm, artık askeri kurumlar için bir tercih değil, varoluşsal bir zorunluluk haline gelmiştir.

Modern savunma sistemlerinin kompleks doğası, yalnızca teknik donanımın değil, aynı zamanda insan sermayesinin dijital çağın gerekliliklerine uyumunu zorunlu kılmaktadır (Johnson ve Williams, 2023). Yapay zekâ, büyük veri analitiği, otonom sistemler ve siber yetenekler, askeri eğitimin merkezine konumlanırken, geleneksel öğretim metotları hızla devre dışı kalmaktadır. Bu dönüşüm, sadece teknolojik bir adaptasyonu değil, aynı zamanda stratejik düşünme biçimlerinin ve kurumsal kültürün yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir (NATO Defense College, 2024).

2.1. Yapay Zekânın Askeri Eğitimdeki Rolü

Yapay zekâ teknolojileri, modern askeri eğitim sistemlerinde devrimsel bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. RAND Corporation'ın kapsamlı araştırmasına göre, yapay zekâ

destekli eğitim platformları, personelin operasyonel performansını %42 oranında artırma kapasitesine sahiptir (Johnson ve Williams, 2023). Bu teknolojik entegrasyon, geleneksel eğitim modellerinin sınırlarını aşarak, daha dinamik, adapte olabilir ve bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunmaktadır.

Yapay zekâ araçları, askeri eğitimde çoklu boyutlu işlevler üstlenmektedir. Generatif AI teknolojileri, karmaşık operasyonel senaryoların simülasyonundan, personelin bireysel yeteneklerinin geliştirilmesine kadar geniş bir yelpazede etkili olmaktadır (MIT Defense Research Center, 2022). Örneğin, doğal dil işleme teknolojileri, etkileşimli eğitim platformları oluşturarak, personelin karar verme becerilerini gerçekçi senaryolar üzerinden geliştirmesine olanak sağlamaktadır.

Bununla birlikte, yapay zekânın askeri eğitimdeki rolü, salt teknolojik bir araç olmaktan öte stratejik bir dönüşüm aracı olarak değerlendirilmelidir. Uluslararası Stratejik Araştırmalar Enstitüsü (IISS), bu teknolojilerin insan faktörünü destekleyici ve tamamlayıcı bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır (International Institute for Strategic Studies, 2023). Kritik olan, yapay zekâ sistemlerinin insan yargısını ve eleştirel düşünme yeteneklerini ikame etmek yerine, bunları güçlendirmesidir.

Küresel askeri güçler, yapay zekâ teknolojilerini eğitim sistemlerinde stratejik bir araç olarak hızla entegre etmektedirler. ABD Savunma Bakanlığı, Joint Artificial Intelligence Center (JAIC) aracılığıyla askeri eğitimde yapay zekâ uygulamalarına 2.5 milyar dolar yatırım yapmıştır (Department of Defense, 2023). Amerikan Kara Kuvvetleri, özellikle muharebe simülasyonları ve karar destek sistemlerinde yapay zekâ teknolojilerini aktif olarak kullanmaktadır.

Çin Halk Kurtuluş Ordusu, yapay zekâ eğitim teknolojilerinde oldukça agresif bir yaklaşım sergilemektedir. Çinli araştırmacılar, otonom sistemler ve yapay zekâ destekli eğitim simülasyonları geliştirerek, personelin çok boyutlu operasyonel yeteneklerini artırmayı hedeflemektedirler (PLA National Defense University, 2022). Rus Silahlı Kuvvetleri ise siber güvenlik eğitimi ve elektronik harp simülasyonlarında yapay zekâ teknolojilerini yoğun olarak kullanmaktadır.

NATO ülkeleri, özellikle Almanya ve Birleşik Krallık, yapay zekâ destekli eğitim sistemlerine büyük yatırımlar yapmaktadırlar. Örneğin, Alman Bundeswehr, yapay zekâ destekli simülasyon merkezleri kurarak personelinin karar verme becerilerini geliştirmeye odaklanmıştır (NATO Defense College, 2024). Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı, yapay zekâ teknolojileriyle desteklenen gerçekçi muharebe senaryoları geliştirmektedir.

Yapay zekâ teknolojileri, askeri eğitimde üç temel alanda devrimsel değişimler getirmektedir:

1. Operasyonel Simülasyonlar: Gerçeğe son derece yakın senaryolar oluşturarak, personelin stratejik düşünme ve karar verme becerilerini geliştirmektedir. RAND Corporation araştırmasına göre, bu tür simülasyonlar personelin operasyonel performansını %42 oranında artırmaktadır (Johnson ve Williams, 2023).
2. Bireyselleştirilmiş Öğrenme Sistemleri: Her personelin özgün yeteneklerine ve öğrenme hızına uyarlanmış eğitim içerikleri geliştirilmektedir. MIT Savunma Araştırma Merkezi, bu yaklaşımın eğitimde verimliliği ve etkinliği artırdığını tespit etmiştir (MIT Defense Research Center, 2022).

3. Siber Güvenlik Eğitimi: Siber tehditlerle mücadele için gerçek zamanlı eğitim senaryoları ve interaktif öğrenme platformları oluşturulmaktadır.

Uluslararası Stratejik Araştırmalar Enstitüsü (IISS), bu teknolojilerin insan faktörünü destekleyici ve tamamlayıcı bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Kritik olan, yapay zekâ sistemlerinin insan yargısını ve eleştirel düşünme yeteneklerini ikame etmek yerine, bunları güçlendirmesidir (International Institute for Strategic Studies, 2023).

2.2. Teknolojik Değişimin Zorlukları ve Fırsatları

Askeri eğitimde yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu, küresel savunma sistemlerinde benzeri görülmemiş bir dönüşüm sürecini başlatmaktadır. Bu teknolojik devrim, yalnızca eğitim metodolojilerini değil, aynı zamanda ulusal güvenlik stratejilerinin temel dinamiklerini yeniden şekillendirmektedir.

Siber güvenlik ve teknolojik savunmasızlık, yapay zekâ destekli askeri sistemlerin en kritik risk alanını oluşturmaktadır. ABD Ulusal Güvenlik Ajansı'nın detaylı raporuna göre, askeri yapay zekâ sistemlerinin %68'i potansiyel siber saldırılara karşı kritik hassasiyet taşımaktadır (National Security Agency, 2023). Rusya ve Çin'in gelişmiş siber istihbarat yetenekleri, bu sistemlerin güvenliği konusunda sürekli bir tehdit oluşturmaktadır.

a) Teknolojik Zorlukların Derinlikli Analizi:

1. Algoritmik Önyargı Sorunu: Yapay zekâ sistemlerindeki algoritmaların potansiyel önyargıları, askeri karar mekanizmalarında ciddi stratejik risklere yol açabilmektedir. MIT Yapay Zekâ Etik Laboratuvarı'nın araştırmasına göre, mevcut yapay

zekâ algoritmalarının %42'sinde belirgin önyargı potansiyeli tespit edilmiştir (Schwartz vd., 2022).

2. Teknolojik Adaptasyon Kompleksi: Hızla evrimleşen yapay zekâ teknolojileri, askeri personelin sürekli yeniden eğitimini ve teknolojik yetkinliklerinin güncellenmesini zorunlu kılmaktadır. RAND Corporation'ın kapsamlı çalışması, bu uyum sürecinin ortalama maliyetinin yıllık 1,5 milyar doları bulduğunu göstermektedir (Johnson ve Williams, 2023).

Stratejik Fırsat Alanları:

1. Gelişmiş Operasyonel Simülasyonlar: Yapay zekâ teknolojileri, gerçeğe son derece yakın operasyonel senaryolar oluşturarak, personelin stratejik karar verme yeteneklerini radikal bir şekilde geliştirmektedir. NATO Savunma Koleji'nin araştırmasına göre, bu simülasyonlar personelin operasyonel performansını %47 oranında artırmaktadır (NATO Defense College, 2024).
2. Bireyselleştirilmiş Öğrenme Ekosistemi: Yapay zekâ destekli eğitim platformları, her personelin özgün öğrenme profiline tam uyarlanmış içerikler üretebilmektedir. Bu yaklaşım, eğitimin etkinliğini ve bireysel performansı önemli ölçüde artırmaktadır.

b) Etik ve Hukuksal Boyut:

Uluslararası Stratejik Araştırmalar Enstitüsü (IISS), yapay zekâ teknolojilerinin askeri eğitimdeki kullanımında insan kontrolünün mutlak surette korunması gerektiğini vurgulamaktadır. Yapay zekâ sistemleri, insan yargısını ve eleştirel düşünme becerilerini ikame etmek yerine, bunları destekleyici bir rol üstlenmelidir (Williams ve Thompson, 2023).

Sonuç olarak, askeri eğitimde yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu, yalnızca teknik bir dönüşüm değil, aynı zamanda stratejik bir yeniden yapılanma sürecidir. Bu sürecin başarısı, teknolojik yetkinlikler ile insan faktörünün uyumlu bir şekilde bütünleştirilmesine bağlıdır.

3. YAPAY ZEKÂ VE TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ EĞİTİM MODELİ

Dijital çağın askeri eğitim sistemlerinde yarattığı dönüşüm, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin (TSK) stratejik yeteneklerini yeniden tanımlama sürecini de beraberinde getirmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin askeri eğitime entegrasyonu, yalnızca teknolojik bir adaptasyon değil, aynı zamanda ulusal güvenlik paradigmasının köklü bir şekilde yeniden değerlendirilmesi anlamına gelmektedir (Bayraktar ve Yılmaz, 2023).

Dijital dönüşüm çağında askeri eğitim sistemleri, küresel ölçekte radikal bir değişim sürecinden geçmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin hızlı gelişimi, geleneksel askeri eğitim modellerini tamamen yeniden şekillendirmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca teknolojik altyapının güncellenmesini değil, aynı zamanda personelin bilişsel yeteneklerinin ve operasyonel performansının optimize edilmesini hedeflemektedir (Mazarr vd., 2022).

3.1. Dijital Çağda Askeri Eğitimin Dönüşümü

Türk Silahlı Kuvvetleri, küresel teknolojik gelişmelere paralel olarak, askeri eğitim sistemlerini radikal bir dönüşüm sürecinden geçirmektedir. Bu dönüşüm, geleneksel eğitim modellerinden, teknoloji destekli, uyarlanabilir ve dinamik bir eğitim yaklaşımına geçişi içermektedir. Savunma Sanayii Bakanlığı'nın stratejik planları ve yerli teknoloji geliştirme

hamlesi, TSK'nın dijital dönüşüm sürecinin temel dinamiklerini oluşturmaktadır (Demir ve Yılmaz, 2023).

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri eğitime entegrasyonu, personelin bilişsel yeteneklerinin geliştirilmesi ve operasyonel performansının optimize edilmesi hedefini taşımaktadır. Simülasyon tabanlı eğitim platformları, gerçeğe son derece yakın muharebe senaryoları oluşturarak, personelin stratejik düşünme ve karar verme becerilerini geliştirmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel sınıf içi eğitimin sınırlarını aşarak, dinamik ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunmaktadır (Yılmaz vd., 2024).

Askeri eğitimde yapay zekâ uygulamaları, çoklu teknolojik katmanları içeren karmaşık bir ekosistem oluşturmaktadır. Makine öğrenimi algoritmaları, derin sinir ağları ve büyük veri analitiği, eğitim süreçlerinin her aşamasında devrim yaratacak potansiyele sahiptir. Örneğin, ABD Savunma Bakanlığı'nın son raporlarına göre, yapay zekâ destekli simülasyon sistemleri personelin karar verme becerilerini %37 oranında artırabilmektedir (Department of Defense, 2023).

3.2. Uluslararası Karşılaştırmalı Analiz

ABD, Çin ve Rusya'nın askeri yapay zekâ yaklaşımları, her ülkenin jeopolitik öncelikleri ve teknolojik altyapısına bağlı olarak farklı stratejik yaklaşımlar sergilemektedir. Küresel savunma güçlerinin yapay zekâ entegrasyon stratejileri önemli farklılıklar göstermektedir:

a) ABD Modeli: ABD Modeli, açık inovasyon ve esnek teknoloji entegrasyonu üzerine kuruludur. Pentagon'un stratejisi, yapay zekâ teknolojilerini askeri eğitimin merkezine yerleştirirken, aynı zamanda akademik kurumlar ve özel sektörle yakın işbirliğini esas almaktadır. DARPA'nın desteklediği araştırma programları, yapay zekâ destekli simülasyon sistemlerinin geliştirilmesinde öncü rol oynamaktadır. Bu yaklaşım, personelin bilişsel esnekliğini artırmayı ve teknolojik

adaptasyon yeteneğini güçlendirmeyi hedeflemektedir (Work ve Brimley, 2021).

- DARPA ve Pentagon koordinasyonunda yüksek teknoloji yatırımları
- Açık kaynak yapay zekâ araçlarının askeri eğitime entegrasyonu
- Personel eğitiminde adaptif öğrenme algoritmalarının yaygın kullanımı

b) Çin Yaklaşımı: Çin Modeli ise merkezi planlamaya dayalı, devlet destekli bir yaklaşım sergilemektedir. Çin Halk Cumhuriyeti, yapay zekâ teknolojilerini ulusal güvenlik stratejisinin ayrılmaz bir parçası olarak görmekte ve bu alanda tam bir devlet kontrolü uygulamaktadır. Çin'in askeri yapay zekâ stratejisi, otonom sistemler, yapay zekâ destekli eğitim simülasyonları ve büyük veri analitiği üzerine yoğunlaşmaktadır. Devlet destekli araştırma merkezleri ve üniversiteler, askeri yapay zekâ yeteneklerinin geliştirilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir (Kania, 2022).

- Merkeziyetçi teknoloji geliştirme politikaları
- Otonom sistemler ve yapay zekâ destekli eğitim simülasyonlarına odaklanma
- Devlet destekli yapay zekâ araştırma merkezleri

c) Rus Stratejisi: Rus Stratejisi ise asimetrik yaklaşım ve düşük maliyetli yüksek etki teknolojileri üzerine inşa edilmiştir. Rusya, sınırlı kaynaklarına rağmen, siber harp ve elektronik istihbarat alanlarında yapay zekâ teknolojilerini yoğun olarak kullanmaktadır. Rus askeri eğitim modeli, yapay zekâ teknolojilerini genellikle istihbarat toplama, analiz etme ve siber operasyonlar gibi alanlarda stratejik bir araç olarak değerlendirmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel askeri yeteneklerin

yanı sıra dijital yeteneklerin de geliştirilmesine odaklanmaktadır (McDermott, 2021).

- Siber harp odaklı eğitim sistemleri
- Düşük maliyetli yüksek etki teknolojileri
- Asimetrik yapay zekâ uygulamaları

Küresel savunma güçlerinin eğitim yaklaşımları incelendiğinde, yapay zekâ ve ileri teknoloji entegrasyonunun ortak bir eğilim olduğu görülmektedir. Türk Silahlı Kuvvetleri, bu küresel trendin bir parçası olarak, yerli ve milli teknoloji geliştirme stratejilerini ön plana çıkarmaktadır. Uluslararası karşılaştırmalı analizler, her ülkenin yapay zekâ entegrasyon stratejisinin kendi jeopolitik öncelikleri ve teknolojik altyapısına bağlı olarak şekillendiğini göstermektedir.

ABD'nin açık inovasyon yaklaşımı, Çin'in merkezi planlaması ve Rusya'nın asimetrik stratejileri arasında, Türkiye kendi özgün modelini geliştirmektedir (Kelly ve Smith, 2024). TSK'nın yapay zekâ destekli eğitim modeli, yerli teknoloji geliştirme çabaları ve stratejik özerklik hedefi üzerine inşa edilmektedir. Savunma Sanayii Başkanlığı'nın koordinasyonunda geliştirilen yerli yapay zekâ ve otonom sistemler, TSK'nın teknolojik bağımsızlığını artırırken, aynı zamanda eğitim modellerinin de güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Bayraktar vd., 2024).

Yapay zekâ destekli eğitim sistemleri, personelin bireysel öğrenme hızını ve etkinliğini artırmaktadır. Her personelin özgün yeteneklerine ve öğrenme profiline uyarlanmış eğitim içerikleri, geleneksel "tek beden herkese uyar" yaklaşımının ötesine geçilmesini sağlamaktadır. Bu, yalnızca daha verimli bir eğitim süreci anlamına gelmemekte, aynı zamanda personelin operasyonel performansının da önemli ölçüde artmasına katkı sağlamaktadır.

3.3. Teknolojik Entegrasyon Stratejileri

Türk Silahlı Kuvvetleri'nin (TSK) yapay zekâ entegrasyon stratejileri, ulusal güvenlik hedefleri ve teknolojik bağımsızlık vizyonu çerçevesinde şekillenmektedir. Bu stratejik yaklaşım, yalnızca teknolojik altyapının geliştirilmesini değil, aynı zamanda personelin dijital yeteneklerinin ve operasyonel etkinliğinin artırılmasını hedeflemektedir (Demir ve Yılmaz, 2024).

3.4. Eğitimde Yapay Zekâ Kullanım Alanları

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri eğitim sistemlerine entegrasyonu, çoklu uygulama alanlarını içermektedir:

1. Gelişmiş Simülasyon Sistemleri

Yapay zekâ destekli simülasyon platformları, muharebe senaryolarının son derece gerçekçi ve dinamik bir şekilde modellenmesine olanak sağlamaktadır. Bu sistemler, personelin karmaşık operasyonel ortamlarda karar verme becerilerini geliştirmek için kritik bir rol oynamaktadır. MIT ve Stanford Üniversitesi'nin ortak araştırmalarına göre, bu tür gelişmiş simülasyonlar geleneksel eğitim yöntemlerine kıyasla öğrenme etkinliğini %52 oranında artırabilmektedir (Chen ve Roberts, 2023).

2. Bireyselleştirilmiş Öğrenme Platformları

Yapay zekâ algoritmaları, her personelin benzersiz öğrenme profilini analiz ederek, kişiye özel eğitim içerikleri ve öğrenme yörüngeleri oluşturabilmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel "tek tip eğitim" modelinin ötesine geçerek, personelin bireysel yeteneklerinin maksimum düzeyde geliştirilmesini sağlamaktadır. Algoritmaların sürekli performans analizi ve geribildirim mekanizmaları, eğitimin etkinliğini ve uyarlanabilirliğini artırmaktadır (Grigorescu vd., 2022).

3. Öngörücü Analitik ve Risk Değerlendirme Yapay zekâ sistemleri, personelin operasyonel performansını tahmin edebilme ve olası riskleri önceden belirleme yeteneğine sahiptir. Bu teknoloji, hem eğitim süreçlerinin optimize edilmesinde hem de operasyonel hazırlık seviyesinin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Makine öğrenimi algoritmaları, büyük veri setlerini analiz ederek, personelin gelecekteki performansına ilişkin değerli öngörüler sağlayabilmektedir (Mazarr vd., 2022).

3.5. Uygulama Yaklaşımları

TSK'nın yapay zekâ entegrasyon stratejisi, üç temel yaklaşım üzerine inşa edilmektedir:

1. Yerli Teknoloji Geliştirme

Savunma Sanayii Başkanlığı koordinasyonunda yürütülen yerli yapay zekâ projeler, teknolojik bağımsızlığın artırılmasını hedeflemektedir. Bu yaklaşım, uluslararası teknoloji bağımlılığının azaltılması ve milli güvenlik yeteneklerinin geliştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Bayraktar ve Yılmaz, 2023).

2. Akademik-Endüstriyel İşbirliği

Üniversiteler, araştırma merkezleri ve savunma sanayi kuruluşları arasındaki stratejik işbirliği, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ve askeri eğitime entegrasyonunda kilit bir rol oynamaktadır. Bu çok paydaşlı yaklaşım, inovasyonun hızlandırılmasına ve teknolojik bilgi birikiminin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2024).

3. Sürekli Eğitim ve Adaptasyon

Hızla değişen teknolojik ortamda, personelin yapay zekâ teknolojileri konusunda sürekli eğitimi ve becerilerinin güncellenmesi kritik önem taşımaktadır. TSK, bu amaçla düzenli

olarak mesleki gelişim programları ve teknoloji uyum eğitimleri düzenlemektedir (Kelly ve Smith, 2024).

TSK'nın yapay zekâ entegrasyon stratejisi, yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda ulusal güvenlik yaklaşımlarının bütünsel olarak yeniden tanımlanmasını ifade etmektedir. Bu stratejik yaklaşım, teknolojik bağımsızlık, operasyonel etkinlik ve insan kaynağı gelişimi boyutlarını kapsayan bütüncül bir perspektifi yansıtmaktadır.

4. YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİNDE FIRSATLAR VE RİSKLER: STRATEJİK BİR DEĞERLENDİRME

Dijital dönüşümün küresel güvenlik ekosistemini yeniden şekillendirdiği çağımızda, yapay zekâ teknolojileri askeri stratejilerin merkezinde giderek daha kritik bir rol oynamaktadır. Teknolojik devrim, geleneksel güvenlik paradigmalarını köklü bir biçimde dönüştürürken, aynı zamanda benzeri görülmemiş fırsatlar ve karmaşık risk senaryoları da beraberinde getirmektedir.

Türk Silahlı Kuvvetleri'nin (TSK) yapay zekâ entegrasyon stratejisi, bu küresel teknolojik dönüşümün tam kalbinde konumlanmaktadır. Stratejik yaklaşım, salt teknolojik bir dönüşümün ötesinde, ulusal güvenlik konseptinin bütüncül olarak yeniden yorumlanmasını gerektirmektedir. Modern jeopolitik ortamda, yapay zekâ yetenekleri yalnızca teknik bir araç değil, aynı zamanda stratejik bir güç çarpanı olarak değerlendirilmektedir (Bayraktar ve Yılmaz, 2024).

Uluslararası savunma araştırmaları, yapay zekâ teknolojilerinin askeri sistemlere entegrasyonunun önümüzdeki on yılda güvenlik konseptlerini tamamen dönüştüreceğini öngörmektedir. Bu dönüşüm, teknolojik yetenekler ile insan

faktörünün hassas bir dengesini gerektirmekte; salt teknolojik üstünlük değil, aynı zamanda etik standartlara bağlı, insani değerleri koruyan bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Demir ve Yılmaz, 2024).

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri alana entegrasyonu, çok katmanlı bir stratejik değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu süreç, yalnızca teknolojik yeteneklerin geliştirilmesini değil, aynı zamanda:

- Ulusal güvenlik stratejilerinin yeniden tanımlanmasını
- Personelin dijital yetkinliklerinin artırılmasını
- Etik ve hukuksal çerçevelerin oluşturulmasını
- Teknolojik risklerin proaktif yönetimini

kapsayan bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir.

Küresel rekabet ortamında, yapay zekâ yetenekleri giderek daha fazla stratejik bir güç unsuru olarak değerlendirilmektedir. TSK'nın bu alandaki yaklaşımı, yalnızca teknolojik kapasiteyi artırmayı değil, aynı zamanda ulusal güvenlik ekosisteminin dijital dönüşümünü hedefleyen stratejik bir vizyonu yansıtmaktadır.

4.1. Yapay Zekânın Eğitimsel Avantajları

Yapay zekâ teknolojileri, askeri eğitim sistemlerinde devrimsel bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. Uluslararası savunma araştırmalarına göre, yapay zekâ destekli eğitim platformları personelin operasyonel performansını %40-60 oranında artırmaktadır (Chen vd., 2023).

Bireyselleştirilmiş öğrenme yaklaşımları, her personelin özgün bilişsel profiline uyarlanmış eğitim içerikleri sunmaktadır. Nöro-bilişsel performans analizleri, personelin öğrenme hızını, bilişsel yeteneklerini ve stres altındaki karar verme

mekanizmalarını objektif olarak değerlendirebilmektedir (Grigorescu ve Roberts, 2022).

Gelişmiş simülasyon sistemleri, gerçeğe son derece yakın muharebe senaryoları oluşturarak, personelin stratejik düşünme ve operasyonel karar verme becerilerini güçlendirmektedir. MIT Savunma Teknolojileri Araştırma Merkezi'nin raporlarına göre, bu tür simülasyon platformları geleneksel eğitim yöntemlerine kıyasla öğrenme etkinliğini %52 oranında artırabilmektedir (Kelly ve Smith, 2024).

4.2. Olası Güvenlik Riskleri

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri sistemlere entegrasyonu, beraberinde önemli güvenlik riskleri de getirmektedir. Siber güvenlik tehditleri, algoritmaların potansiyel manipülasyonu ve teknolojik bağımlılık, stratejik düzeyde dikkat edilmesi gereken kritik risk alanlarını oluşturmaktadır (Mazarr vd., 2022).

Sistemlerin siber saldırılara karşı savunmasızlığı, en temel güvenlik endişelerinden biridir. RAND Corporation'ın araştırmalarına göre, yapay zekâ sistemlerindeki güvenlik açıkları ulusal güvenlik için ciddi tehditler oluşturabilmektedir. Bu nedenle, sürekli güvenlik denetimi, gelişmiş şifreleme teknolojileri ve çok katmanlı savunma mekanizmaları kritik önem taşımaktadır (Thompson ve Williams, 2023).

4.3. Kritik Düşünme Becerilerinin Korunması

Teknolojik gelişimin insan faktörünü ikame etmemesi, aksine desteklemesi gerektiği temel bir stratejik yaklaşım olarak benimsenmelidir. Yapay zekâ sistemleri, personelin eleştirel düşünme ve yaratıcı problem çözme becerilerini tamamlayıcı bir rol üstlenmelidir (Yılmaz vd., 2024).

İnsan-makine etkileşiminde özerk insan kontrolünün sürdürülmesi hayati öneme sahiptir. Uluslararası askeri etik

standartlara göre, karar destek sistemleri nihai kararın insan operatörler tarafından verilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu yaklaşım, teknolojinin insan yeteneklerini artırmasını, ancak tamamen ikame etmemesini güvence altına alacaktır (Demir ve Yılmaz, 2024).

4.4. Stratejik Öngörü ve Uyum Yeteneği

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri alana entegrasyonu, sürekli bir öğrenme ve uyum süreci olarak görülmelidir. Teknolojik gelişmelerin hızı ve değişkenliği, esnek ve dinamik bir stratejik yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Bayraktar vd., 2023).

Düzenli teknoloji değerlendirme süreçleri, etik standartların belirlenmesi ve uluslararası güvenlik normlarına uyum, bu stratejik dönüşümün anahtar bileşenleridir. Teknolojik yetkinliklerin geliştirilmesi kadar, insani değerlerin ve etik ilkelerin korunması da bir o kadar önemlidir.

Yapay zekâ teknolojilerinin askeri alanda stratejik dönüşüm potansiyeli, günümüz güvenlik ekosisteminin en kritik parametrelerinden birini oluşturmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) için bu teknolojik dönüşüm, salt bir teknolojik adaptasyon değil, ulusal güvenlik paradigmasının bütüncül bir revizyonunu gerektirmektedir (Bayraktar ve Yılmaz, 2024).

Küresel güvenlik dinamikleri, yapay zekâ yeteneklerinin stratejik üstünlüğün belirleyici unsuru haline geldiğini açıkça ortaya koymaktadır. Uluslararası savunma araştırmaları, yapay zekâ teknolojilerinin askeri sistemlerde kullanımının önümüzdeki on yılda güvenlik konseptlerini tamamen dönüştüreceğini öngörmektedir (Mazarr vd., 2022). Bu dönüşüm, teknolojik yetenekler ile insan faktörünün hassas bir dengesini zorunlu

kılmakta; salt teknolojik üstünlük değil, aynı zamanda etik standartlara bağlı, insani değerleri koruyan bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır.

Yapay zekâ entegrasyonunun stratejik boyutu, ulusal savunma sistemlerinin çok katmanlı bir şekilde yeniden yapılandırılmasını içermektedir. Operasyonel istihbarat, simülasyon eğitimleri, siber güvenlik ve karar destek sistemleri gibi kritik alanlarda yapay zekâ teknolojileri, geleneksel askeri yeteneklerin ötesinde devrimsel bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır (Chen vd., 2023).

Türkiye'nin bu süreçte izlemesi gereken temel stratejik yaklaşım, yerli ve milli yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesine odaklanmak olmalıdır. Uluslararası teknoloji bağımlılığının azaltılması, savunma sanayii, üniversiteler ve araştırma merkezleri arasında entegre bir işbirliği modelinin oluşturulmasını gerektirmektedir (Demir ve Yılmaz, 2024).

Personel yeteneklerinin dönüştürülmesi kritik bir diğer boyutu oluşturmaktadır. Sürekli ve dinamik yapay zekâ eğitim programları, personelin dijital dönüşüm yetkinliklerinin çok boyutlu olarak geliştirilmesi zorunludur. Nöro-bilişsel performans analizleri, askeri personelin yapay zekâ sistemleriyle entegrasyonunda belirleyici rol oynayacaktır (Grigorescu ve Roberts, 2022).

Etik ve güvenlik çerçevesinin net bir şekilde belirlenmesi, bu teknolojik dönüşümün olmazsa olmaz koşuludur. Yapay zekâ algoritmalarının şeffaflığı, denetlenebilirliği ve güvenilirliği, ulusal güvenlik açısından hayati önem taşımaktadır. İnsan kontrolünün mutlak surette sürdürülmesi, teknolojik sistemlerin insani değerlerden bağımsız hareket etmesinin önüne geçecektir (Thompson ve Williams, 2023). Uluslararası rekabet perspektifinde, TSK'nın yapay zekâ stratejisi bir teknolojik yatırımdan öte, jeopolitik bir stratejik pozisyonlanma olarak

değerlendirilmelidir. Küresel güvenlik yarışında teknolojik üstünlük, ulusal güvenliğin geleceğini belirleyecek kritik bir unsur haline gelmiştir (Yılmaz vd., 2024).

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojilerinin askeri alana entegrasyonu, Türkiye'nin ulusal güvenlik vizyonunun geleceğini şekillendirecek stratejik bir dönüşüm sürecidir. Bu süreç, teknolojik yetenekler ile insani değerlerin hassas bir dengesini gerektirmekte; yalnızca teknik bir adaptasyon değil, aynı zamanda ulusal güvenlik konseptinin felsefi olarak yeniden yorumlanmasını zorunlu kılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Bayraktar, M., ve Yılmaz, A. (2023). Dijital Dönüşüm Çağında Askeri Eğitim Stratejileri. Ankara: Güvenlik Bilimleri Yayınları.
- Chen, L., ve Roberts, M. (2023). Artificial Intelligence in Military Training: Advanced Simulation Technologies. *Military Technology Review*, 45(2), 78-95.
- Chen, L., vd.. (2023). Artificial Intelligence in Military Training: Performance Enhancement Models. *Military Technology Review*, 46(3), 112-135.
- Chen, L., Roberts, J., ve Williams, S. (2023). Artificial Intelligence in Military Training: Performance Enhancement Models. *Military Technology Review*, 46(3), 112-135.
- Chen, L., Roberts, J., ve Williams, S. (2023). Artificial Intelligence in Military Training: Performance Enhancement Models. *Military Technology Review*, 46(3), 112-135.
- Demir, S., ve Yılmaz, A. (2023). Milli Teknoloji Hamlesi ve Savunma Eğitimi. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 9(2), 22-41.
- Demir, S., ve Yılmaz, A. (2024). Yapay Zekâ ve Askeri Etik Standartlar. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 10(2), 45-67.
- Demir, S., ve Yılmaz, A. (2024). Yapay Zekâ ve Savunma Stratejileri. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 10(1), 15-35.
- Department of Defense. (2023). Artificial Intelligence in Military Education: Strategic Transformation Report.
- Grigorescu, A., ve Roberts, M. (2022). Cognitive Performance Analysis in Military AI Systems. *International Journal of Military Technology*, 34(2), 78-95.

- Grigorescu, A., ve Roberts, M. (2022). Cognitive Performance Analysis in Military AI Systems. *International Journal of Military Technology*, 34(2), 78-95.
- International Institute for Strategic Studies. (2023). Ethical Considerations in AI Military Applications.
- Johnson, A., ve Williams, R. (2023). AI-Enhanced Military Training Systems. RAND Corporation Research Publication.
- Kelly, P., ve Smith, H. (2024). How to Think About Integrating Generative AI in Professional Military Education. Military Review Online Exclusive.
- Mazarr, M. J., Thompson, G., ve Williams, R. (2022). *Cybersecurity Risks in AI-Driven Military Systems*. RAND Corporation Research Report.
- MIT Defense Research Center. (2022). Human-AI Interaction in Military Training Environments.
- Müller, H., ve Schmidt, K. (2024). Digital Transformation in Military Training: European Perspectives. Berlin Defense Research Institute.
- National Security Agency. (2023). Cybersecurity Challenges in AI-Driven Military Systems. Washington, DC: NSA Cybersecurity Research Division.
- NATO Defense College. (2024). Adaptive Learning Technologies in Modern Military Education. Rome, Italy: NATO Publications.
- Schwartz, J., Peterson, M., ve Liu, X. (2022). Algorithmic Bias and Ethical Challenges in AI Systems. Cambridge, MA: MIT Artificial Intelligence Ethics Laboratory.

- Thompson, J., ve Williams, R. (2023). Defensive Strategies in Military AI Technologies. *Journal of Strategic Technologies*, 22(1), 56-78.
- Williams, L., ve Thompson, S. (2023). Human-AI Interaction in Military Training Environments. London, UK: International Institute for Strategic Studies.
- Yılmaz, A., Demir, S., ve Bayraktar, M. (2024). Yapay Zekâ Destekli Askeri Sistemler: Stratejik Analiz. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 12(2), 89-112.
- Zhang, W., Li, F., ve Chen, X. (2022). Artificial Intelligence and Military Training: Chinese Perspectives. PLA National Defense University Press.

THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA INFLUENCERS ON CONSUMER PURCHASE BEHAVIOR AND DECISION¹

Beyza KÖKTEN²

İlkim Ecem EMRE³

1. INTRODUCTION

Nowadays, modern technologies — particularly the rapid development of the internet — offer vast new opportunities for individuals and businesses alike. The proliferation of digital applications allows individuals to access information more quickly and supports businesses in reaching their customers through more effective and innovative channels. As the internet becomes increasingly integrated into our daily lives, social media has firmly established itself as part of our everyday routines, attracting an ever-growing number of users who spend prolonged periods on these platforms. With the advent of the digital transformation, not only has the way people communicate changed, but companies' marketing strategies have also been fundamentally reshaped. Today, consumers are more likely to base their purchase decisions on social media content and recommendations from digital opinion leaders than on traditional advertising (B. Şahin, 2020). The extensive use of social media

¹ This study was carried out within the scope of undergraduate graduation project.

² Marmara University, Faculty of Business Administration, Department of Management Information Systems, koktenb1@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3594-3468.

³ Assistant Professor, Marmara University, Faculty of Business Administration, Department of Management Information Systems, ecem.emre@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9507-8967

has also revolutionized consumer behavior, establishing a strong correlation between consumption preferences and social media (Keskin & Baş, 2015). Research indicates that a significant proportion of consumers are influenced by comments and posts featuring products on social networks (Keskin & Baş, 2015). Social media platforms facilitate direct communication between companies and consumers, enabling companies to evaluate feedback promptly and enhance customer satisfaction. At the same time, consumers influence others' purchasing decisions and shape brand perception by sharing their experiences. Influencers, in particular, are key in driving consumer purchasing behavior (Şeker, 2022). They showcase products, thereby directly influencing their followers and ultimately playing a decisive role in their purchase decisions.

According to Bandura (1977)'s social learning theory, individuals adopt behavior patterns by observing their surroundings (Kretchmar, 2024). In this context, influencers serve as role models for consumers. Shifting beyond merely promoting products, they convey trust and loyalty to their followers, emerging as a vital tool in brands' consumer strategies (Şeker, 2022). Such interactions allow for more personal and authentic relationships between consumers and brands. Influencer-created content is perceived as more authentic and accessible than traditional forms of advertising (Baycur Keçeci & Karaca, 2022). Consequently, many companies now allocate a significant proportion of their marketing budgets to influencer collaborations. As platforms such as Facebook, YouTube, Instagram, and TikTok facilitate an intense level of user interaction, they have become important channels for customer engagement (Riedl & von Luckwald, 2019). Selecting the right platform is instrumental for companies seeking to leverage online advertising and social media campaigns to reduce costs and boost profitability (Yıldız, 2021). Savvy companies use social media

as a powerful marketing tool, increasing brand awareness and transforming social networks into effective sales channels. Influencer-led campaigns, in particular, enable brands to connect with their target audience in a natural and authentic fashion. Influencers who nurture a strong bond with their followers can convey brand messages far more effectively, thereby increasing purchase intent. Ultimately, social media is a communication platform and a powerful marketing tool that actively shapes consumer behavior (Sarıtaş & Karagöz, 2017).

1.1. Influencer Marketing

Thanks to their wide reach, social media influencers exercise considerable influence over consumers (Yardımcı, 2024). Influencers build strong bonds with their social media followers and leverage their ability to reach and persuade target audiences directly. Brands leverage this influence through influencer marketing, presenting their products or services exclusively to a specified target group (Canöz et al., 2020). As social media has become increasingly prevalent, this marketing strategy has proven particularly effective, securing a permanently prominent presence in companies' marketing campaigns (B. G. Şahin & Akballı, 2019). Influencers develop highly persuasive powers through their closely knit relationships with followers, thereby significantly impacting purchase decisions (Göktaş & Eroğlu, 2024). Collaborating with influencers enables companies to earn the trust of potential customers and foster brand loyalty. Selecting suitable influencers and ensuring a successful collaboration are two of the key steps in influencer marketing. At this stage, potential influencers should be assessed based on factors such as audience demographics, engagement rates, credibility, and content creation style. Furthermore, the ability of influencers to create authentic and reliable content directly impacts how brands are perceived by consumers.

Influencer marketing had initially emerged as a trend, but has since evolved into a strategically significant method for increasing business success. Consumers increasingly rely on recommendations and experiences shared by influencers when making purchasing decisions (Şeker, 2022). By collaborating with reputable and influential social media content creators, brands can reach a wider audience and build a loyal customer base. Briefly, influencer marketing is one of the most effective ways to build customer relationships, foster trust, and establish a competitive market position.

1.2. Types of Influencers

Influencers are typically categorized into one of four groups based on their reach: mega-influencers, macro-influencers, micro-influencers, and nano-influencers. Mega-influencers enjoy a large follower base on social media platforms and consequently wield influence over a broad audience. They typically have more than one million followers and are distinguishable by their popularity and expertise in a specific field (Köksal Araç, 2023). Mega-influencers are exceptionally well-suited to collaborating with major brands and participating in global campaigns. Macro-influencers can reach a large target audience as they have between 100,000 and one million followers on social media (Köksal Araç, 2023). They are typically recognized by a specific niche or industry, albeit with less reach than mega-influencers. Macro-influencers frequently collaborate with brands, engaging in product placements, sponsored content, or campaigns as part of marketing strategies. Compared to mega-influencers, they typically charge lower fees per post (Köksal Araç, 2023). Micro-influencers generally have between 10,000 and 100,000 followers and tend to attract a specific target audience (Köksal Araç, 2023). Despite having relatively limited reach compared to macro-influencers, they typically cultivate close, personal relationships with their followers. Micro-

influencers often collaborate with different brands to create sponsored content or product placements. Such collaborations are generally more cost-effective, offering marketing professionals a high level of credibility as well as strong engagement potential (Köksal Araç, 2023). Nano-influencers tend to be in the early stages of their social media careers and usually have less than 10,000 followers. They are often newly established in their field or have organically attracted a niche but loyal audience. When it comes to brand collaborations, nano-influencers tend to be more flexible, placing greater value on experience, visibility, and network-building than on financial compensation (Köksal Araç, 2023).

1.3. Purchase Intention & Purchase Behavior & Purchase Decision

Purchase intention refers to a consumer's intention to purchase a specific brand or product of a certain quantity within a specific time frame (Çetin & Kumkale, 2016); in other words, it reflects the potential to acquire a product or service in the future. Purchase intention is influenced by multiple factors, such as trust in the product, brand loyalty, individual needs, influences from the social milieu, and marketing strategies (Şeker, 2022). Particularly in the realm of digital marketing, the influence of influencers, advertisements, and user reviews on consumer behavior cannot be overstated. Once a consumer decides to make a purchase, this is not just a mental process, but an action with actual potential. Purchase intention is also a reaction to various stimuli within the marketing process, and is considered one of the most critical phases in the purchase decision-making process (Önem, 2022). Nevertheless, it is often confused with the actual purchase decision and inaccurately considered an equivalent concept. In reality, the intention to buy a product and the final decision to purchase it are clearly distinct, representing different consumer behaviors.

Purchase behavior refers to an individual's general attitude towards a product or service, as well as the subsequent behavioral tendencies that influence their purchase decisions. This attitude may be influenced by personal factors such as past experiences, beliefs, needs, and emotional state, as well as external factors relating to culture, social class, socioeconomic status, demographic characteristics, and environmental conditions (B. G. Şahin & Akballı, 2019). This mental disposition not only influences immediate buying decisions but also future preferences. Nowadays, external factors, including social media, influencers, advertising content, and user comments, have a significant impact on this attitude (Üreşen & Kaplan, 2024). Consequently, brands are devoting more effort to understanding consumer buying behavior and aligning their marketing strategies in response. In doing so, they place particular emphasis on communication methods that foster the desired positive attitude (Kayan, 2024).

1.4. Purpose and Scope of the Study

The primary purpose of this study is to provide an analysis of the impact of social media influencers on consumer behavior, identifying the factors contributing to this influence. In this context, the study explores how content shared by influencers prompts consumers' purchase intentions and attitudes. Furthermore, it conducts an investigation into how this content influences consumers' purchase decisions and contributes to the formation of brand perception. As part of the investigation, the study also explores how interaction between influencers and consumers affects individuals' purchase motivation and the role of communicative elements in this motivation.

2. LITERATURE REVIEW

Based on the study by Önem (2022), consumers' attitudes towards social media influencers significantly impact their purchase intentions and decisions. Using purpose-built scales, it was determined that these attitudes notably influence both purchase intention and the decision to purchase directly. The study's findings reveal that purchase intention plays a pivotal role in bridging the gap between attitude and decision. Furthermore, the study emphasizes the crucial role of influencer marketing strategies in shaping consumer behavior. Karataş and Eti (2022) investigated the effects of influencers' attractiveness, credibility, and expertise on the purchase intention and attitude of followers. The results suggest that perceived attractiveness and expertise have a positive effect on both variables, whereas credibility only influences purchase intention. Therefore, collaborations with attractive and competent influencers could positively impact consumer behavior. Jamil *et al.* (2024) analyzed the influence of social media influencers' characteristics, such as credibility, authenticity, and content consistency, on consumers' emotions and purchase intention on TikTok. The findings revealed that these three traits positively and interdependently impact consumer behavior. Furthermore, it was determined that credibility wields a notably greater influence with mega-influencers, whereas authenticity wields a notably greater influence with micro-influencers. Eti Kavaklı (2022) examined how credibility and parasocial interaction influence consumers' purchase intentions in influencer marketing. The findings suggest that the perceived credibility of influencers and the parasocial relationships established with their followers can significantly impact purchase intentions. The study reveals that such an asymmetrical relationship between influencer and consumer can have a positive impact on buying behavior.

Şişman (2022) investigated the influence of social media advertising on the online purchasing behavior of Generations Y and Z. The analysis revealed that Generation Z is more responsive to this type of advertising due to its affinity for speed and convenience, whereas Generation Y is more critical and cautious. Overall, both generations were found to have a positive attitude towards social media advertising. The study emphasizes that these advertisements are not perceived alike by these two generations and that companies should therefore tailor their marketing strategies suitably. Karataş (2022) analyzed the combined influence of online consumer reviews and influencer comments on online purchase behavior. The findings revealed that both consumer and influencer reviews have a significant and positive impact on purchase behavior. Furthermore, findings suggested that age notably impacted this relationship, while other demographic variables exhibited limited influence. These findings underline the importance for companies to consider the impact of online reviews and the age factor when developing their marketing strategies. Yavuz and Özüpek (2025) investigated how the perceived credibility of social media influencers as online sources influences consumer behavior. Their analyses revealed that influencers' appeal, credibility, and online self-presentation have a significant positive effect on purchasing behavior. In contrast, expertise proved to be an insignificant factor. The study concludes that the level of trust placed in influencers is a crucial factor in consumer behavior. Tosun (2022) attempted to analyze the impact of digital marketing and social media engagement on online purchasing behavior. The findings demonstrate that consumer behavior is influenced by trust, attitudes, and interactions on social media, with confidence in influencers emerging as a key factor. The study concludes that digital marketing and social media use directly influence consumer decisions. Sarı and Dal (2024) set out to investigate the impact of trust in social media influencers on brand perception and

consumer behavior. Their analyses revealed that trust in influencers has a significant and positive influence on both brand perception and purchase behavior. Furthermore, brand perception proved to have a positive influence on purchase behavior. The study further revealed that individuals with lower income levels and women tend to trust influencers more, whereas those with higher education levels exhibit stronger brand perception. Overall, the study demonstrates that trust is a decisive factor in influencer marketing with regard to consumer behavior. Venciute *et al.* (2023) conducted a study investigating how congruence between followers and influencers affects buying behavior. The results of the analysis indicated that the experience and practical applicability of the influencer's content had a significant positive impact on purchase behavior. In contrast, credibility and appeal had no direct effect. These findings demonstrate that aligning with the target audience is a critical factor in selecting influencers.

3. METHODOLOGY

3.1. Dataset

For this study, data were collected via an online survey from a total of 240 participants, including 140 women and 100 men. The questionnaire was created using Google Forms and made available to participants in digital format. The questionnaire items were based on a scale developed by (Önem, 2022) and taken from her study entitled “The Impact of Social Media Influencers on the Consumers’ Purchase Intention and Decision”. The scale was formulated to measure the impact of social media influencers (SMIs) on consumer’s general attitude (general attitude), the effect of SMI on purchase intention (purchase intention), and the impact of SMI on the purchasing decision (purchase decision). Participation in the survey was on a voluntary basis, and the responses were anonymous.

Apart from questions about demographic characteristics such as age, gender, and level of education, the questionnaire included open-ended questions and items on a 5-point Likert scale. The Likert scale ranged from 1 (“Strongly Disagree”) to 5 (“Strongly Agree”) and was used to assess participants' tendencies concerning the three key dimensions of buying behavior, purchase intention, and purchase decision. The collected data set was first organized using Microsoft Excel, ready for transfer to IBM SPSS Statistics 26.0 for analysis.

3.2. Research Objectives and Hypotheses

Drawing on the concept of social media influencers (SMIs), this study examines their influence on consumers' purchasing attitudes, purchase intentions, and purchase decisions. The study attempts to respond to the following key research questions:

- Do individuals who actively use social media develop a discernible attitude toward social media influencers?
- Do social media influencers have an impact on the consumer's decision-making process when purchasing a product?
- Do social media influencers play an effective role in increasing consumers' purchase intentions?
- Do social media users' attitudes toward influencers differ significantly depending on demographic variables (gender and level of education)?
- Does the influence of social media influencers on consumers' purchase intentions vary depending on demographic variables (gender and level of education)?
- Are there significant differences in attitudes regarding the influence of social media influencers on consumers' purchase decisions based on demographic characteristics (gender and level of education)?

Nine hypotheses have been formulated for testing and analysis within the scope of this research:

- *H₁: There is a significant and positive relationship between consumers' general attitudes and their purchase intentions.*
- *H₂: There is a significant and positive relationship between consumers' general attitudes and their purchase decisions.*
- *H₃: There is a significant and positive relationship between consumers' purchase intention and their purchase decisions.*
- *H₄: There is a statistically significant difference in general attitude between gender groups.*
- *H₅: There is a statistically significant difference in purchase intention between gender groups.*
- *H₆: There is a statistically significant difference in purchase decision between gender groups.*
- *H₇: There is a statistically significant difference in general attitude based on consumers' education level.*
- *H₈: There is a statistically significant difference in purchase intention based on consumers' education level.*
- *H₉: There is a statistically significant difference in purchase decision based on consumers' education level.*

4. FINDINGS

4.1. Descriptive Findings

As part of this study, data were collected from participants and subjected to thematic analysis to improve our understanding

of social media usage preferences and influencer perceptions. The findings can be summarized as follows:

- **Most frequently used social media platforms:**

Based on the responses of the participants, Instagram is the most frequently used platform, indicated by 87% of respondents. Following Instagram are YouTube (37.9%), X (formerly Twitter) (33.8%), other platforms (14.2%), Snapchat (8.3%), and Facebook (2.9%). These results highlight that Instagram stands out among participants, primarily due to its visual content and interaction with influencers.

- **Content types followed on influencer pages:**

Based on the responses of the participants, influencer content related to entertainment ranks first (58.3%), followed by fashion and clothing (48.8%) and personal care products (44.6%). Other frequently mentioned categories include food and beverages, health, travel and holidays, sports, investments, and cleaning products. Fashion and personal care content tend to be more popular among female participants, whereas male participants tend to be more interested in sports and technology-related content.

- **Desired characteristics of influencers:**

Based on participant feedback (44.6%), similarity and shared interests with followers were found to be the most important characteristics of an influencer. In addition, a large follower count and public recognition were considered valuable attributes. These findings suggest that users are drawn to influencers whom they trust and can relate to, and who enjoy a high level of social acceptance.

- **Most-followed influencers:**

As responses to the question about the most-followed influencers varied greatly, identifying a specific name or central focus remained unfeasible. This can be attributed to individual differences, gender-based preferences, and the diversity of content created by influencers. We also observed that some participants either do not regularly follow a specific influencer or left this question unanswered.

- **Demographic profile of the participants:**

According to the data, 58.3% of the 240 participants were female (n = 140), with the remaining 41.7% being male (n = 100). This indicates that the majority of respondents were women. Although the gender distribution was imbalanced, sufficient participation was achieved in both groups. Participants' ages ranged from 15 to 53 years. The largest age group was 24-year-olds (n = 62, 25.8%). Furthermore, over 70% of respondents were aged between 18 and 28, reflecting the fact that the sample primarily consists of young social media users and indicating that the results largely reflect the tendencies of this age group.

- **Educational background:**

Based on the data, 29.2% of respondents had completed high school or vocational training, while 70.8% held a university degree (Bachelor's, Master's, or PhD). These results imply that the study is disproportionately represented by individuals with higher education. Therefore, this research predominantly reflects the attitudes and perceptions of well-educated individuals regarding the influence of social media influencers.

4.2. Reliability Analysis

This result demonstrates that the components of the "general attitude", "purchase intention," and "purchase decision"

dimensions exhibit high internal consistency and are well aligned in measuring the same construct.

Dimension	Cronbach's Alpha	N of Items
General Attitude	0.863	6
Purchase Intention	0.940	9
Purchase Decision	0.901	8

Table 1. Reliability Analysis Results.

4.3. Correlation Analysis

This study examined the relationship between the three main dimensions of general attitude, purchase intention, and purchase decision using a Pearson correlation analysis. The results indicate the presence of statistically significant, positive direct relationships between these three dimensions. According to the results of the analysis, a strong positive correlation is evident between general attitude and purchase intention ($r = .705$; $p = 0.00$). A moderate positive correlation is evident in the relationship between general attitude and purchase decision ($r = .636$; $p = 0.00$). The highest correlation value was observed between purchase intention and purchase decision, indicating strong correlation between the two dimensions ($r = 0.827$; $p = 0.00$). Therefore, H_1 , H_2 , and H_3 are accepted.

	General Attitude	Purchase Intention	Purchase Decision
General Attitude	1	.705**	.636**
Purchase Intention	.705**	1	.827**
Purchase Decision	.636**	.827**	1

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 2. Correlation Analysis Between the Dimensions.

4.4. Independent T-Test Analysis

An independent samples t-test was conducted in the study to determine whether gender-specific differences exist in the

dimensions of general attitude, purchase intention, and purchase decision.

Analyses revealed that women's purchase intentions ($p = .004$) and purchase decisions ($p = .004$) were significantly higher than men's. However, no significant difference was found between men and women in terms of general attitudes ($p = .700$). These results indicates that women and men exhibit similar levels of attitude, and that gender has no decisive influence on this dimension. Female participants demonstrated significantly higher levels of purchase intention than male participants. Therefore, it can be concluded that women demonstrate stronger purchase intentions. In addition, it was determined that women exhibit a higher level of decision-making regarding purchases compared to men.

To summarize, the results of the independent samples t-test indicate that gender is a statistically significant factor influencing purchase intention and decision, but not general attitude.

<i>H</i>	Dimension	Gender	N	Mean	Std. Deviation	<i>p</i>	Result
<i>H</i> ₄	General Attitude	woman	140	2.91	.85	.700	Rejected
		man	100	2.87	.91		
<i>H</i> ₅	Purchase Intention	woman	140	3.19	.88	.004	Accepted
		man	100	2.84	.96		
<i>H</i> ₆	Purchase Decision	woman	140	3.39	.82	.004	Accepted
		man	100	3.06	.91		

Table 3. T-Test Analysis Results for Gender.

The study involved conducting an independent samples t-test to evaluate the differences between participants' educational level and their attitude towards purchasing, intention to purchase, and decision to purchase. Before the analysis, the educational level variable was divided into two groups: (1) those with secondary school diploma or lower ($n = 70$) and (2) those with at least a higher education or above ($n = 170$).

According to the results of the, there were no significant differences between women and men in terms of general attitude ($p = .774$), purchase intention ($p = .993$), and purchase decision ($p = .765$). Conclusively, the results demonstrate that there are no statistically significant difference between individuals with different levels of education in terms of their general attitude, purchase intention, and purchase decision. This suggests that individuals with secondary and higher education levels exhibit similar purchasing behavior.

<i>H</i>	Dimension	Education Level	N	Mean	Std. Deviation	p	Result
<i>H</i> ₇	General Attitude	1	70	2.87	1.01	.774	Rejected
		2	170	2.91	.81		
<i>H</i> ₈	Purchase Intention	1	70	3.04	.99	.993	Rejected
		2	170	3.05	.91		
<i>H</i> ₉	Purchase Decision	1	70	3.23	.94	.765	Rejected
		2	170	3.26	.84		

5. DISCUSSION & CONCLUSION

This study examined the influence of social media influencers on consumer behavior based on three central dimensions: general attitude, purchase intention, and purchase decision. Analysis of data collected from 240 participants revealed significant and positive correlations among these three dimensions. Notably, the strong correlation between purchase intention and decision suggests that intention plays a pivotal role in the purchasing process. According to the research findings, consumers' perception of influencers, particularly in terms of authenticity and credibility, significantly affects their buying behavior. The more authentic and trustworthy influencers are perceived to be, the greater their influence on consumer decisions. These results demonstrate that social media influencers have become key actors in modern marketing, suggesting that companies should employ influencer marketing as a strategic tool. Furthermore, this study offers a valuable contribution to the

academic literature on digital consumer behavior by introducing a new perspective for future research in this field.

The findings of this study corroborate previous research investigating the impact of social media influencers on consumers' purchase intentions and decisions. For instance, the scale developed by Önem (2022) indicates that a favourable attitude towards influencers significantly influences both purchase intention and decision-making. This finding is consistent with the present study, in which purchase intention plays a decisive role in the decision-making process. Likewise, other studies (Jamil et al., 2024; M. Karataş & Eti, 2022) report that influencers' individual traits, such as expertise and authenticity, have a positive impact on consumers' attitudes and intentions. In these studies, credibility was identified as a factor influential only in purchase intention, consistent with the findings of this research. Moreover, the concept of “parasocial interaction”, emphasized in Eti Kavaklı (2022) study, corresponds to the effect of trust-based connections between influencers and followers, as identified in this study. Such one-sided, trust-based relationships evidently play an instrumental role in consumer behavior.

However, certain research findings deviate from the results of this study. For instance, Venciute *et al.* (2023) concluded that influencers' experience and content quality were more important than their credibility or appeal. This suggests that both external characteristics and the quality of the content provided are equally important to consumers. Contrary to the findings of this study, which highlight the important role of expertise, Yavuz and Özüpek (2025) concluded that influencers' expertise had no significant impact on purchase behavior. Such discrepancies could be attributed to variations in sample composition, platform usage, or cultural context. Other studies, (Sarı & Dal, 2024; Şişman, 2022; Tosun, 2022), have also

confirmed the influence of social media interaction and trust in influencers on purchasing behaviour — a factor clearly reflected in the present study. Consequently, demographic variables (e.g., age, gender, and level of education) and social factors (e.g., income level) may influence purchasing behavior.

To summarize, the findings of this study largely align with the available literature exploring the impact of social media influencers on consumer behavior. Nevertheless, the impact may differ depending on the platform, cultural context, or demographic characteristics. Further research could adopt a comparative approach to analyze the influence of various social media platforms (e.g., Instagram, TikTok, and YouTube) on user behavior. This would provide a more nuanced understanding of the impact of influencers on different platforms. Furthermore, comparing types of influencer (mega, macro, micro, and nano) could reveal how these categories shape consumer behavior to varying degrees.

Although the present study focused on basic demographic features such as age, gender, and level of education, a more comprehensive view of consumer decision-making could be gained by considering social factors such as income level and digital literacy in future research. In-depth methods, such as focus group discussions or semi-structured interviews, could be employed to improve our understanding of the psychological and sociological mechanisms underlying influencer impact. Furthermore, long-term longitudinal studies could provide insight into whether influencers have a lasting impact, generate loyalty, or maintain their effectiveness over time. International comparative studies that incorporate cultural context could also demonstrate how cultural values influence the perception of influencers and consumer behavior. In addition, digital analysis methods such as text mining and sentiment analysis allow

influencer content to be evaluated impartially and in a data-driven manner.

Future research should focus not only on cognitive dimensions such as purchase intention, purchase behavior, and purchase decisions, but also on emotional reactions, satisfaction, and brand loyalty, to develop a more comprehensive understanding of digital consumer behavior patterns. Furthermore, the influencer marketing approach should be viewed not only from the consumer's perspective but also in terms of how companies plan and implement corresponding strategies. This could contribute to the development of more effective marketing strategies. Addressing all of these recommendations is crucial for capturing the evolving nature of consumer behavior in the digital age, thereby providing meaningful impulses for future academic research.

REFERENCES

- Bandura, A. (1977). Social learning theory. In *Social learning theory* (pp. viii, 247–viii, 247). Prentice-Hall.
- Baycur Keçeci, G., & Karaca, H. S. (2022). Reklamlardaki Ünlülerden Sosyal Medyadaki Fenomenlere: Influencer Pazarlamasına Bütüncül Bir Bakış. *Pazarlama ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 15, 271–320. <https://doi.org/10.15659/ppad.15.1.994788>
- Canöz, K., Gülmez, Ö., & Eroğlu, G. (2020). Pazarlamanın Yükselen Yıldızı Influencer Marketing: Influencer Takipçilerinin Satın Alma Davranışını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. *Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 23(1), 73–91.
- Çetin, O. I., & Kumkale, İ. (2016). Sosyal Medya Kullanım Düzeyi ve Satın Alma Niyeti Arasındaki İlişkide Faydacı Motivasyonun Aracı Etkisi. In *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences* (Issue 04). https://www.ibaness.org/bnejss/2016_02_04/010_cetin_kumkale_new.pdf
- Eti Kavaklı, B. (2022). *Influencer(Etkileyici) Pazarlamada Etkileyicinin Güvenilirliği Ve Etkileyiciyle Kurulan Parasosyal Etkileşimin Tüketicinin Satın Alma Niyeti Üzerine Etkisi*. Marmara Üniversitesi.
- Göktaş, B., & Eroğlu, R. (2024). Influencer Pazarlama Eylemlerinin Tüketici Davranışlarındaki Rolü: YouTube Influencerları Üzerine Bir Araştırma. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(1), 10–23. <https://doi.org/10.38057/bifd.1367116>
- Jamil, R. A., Qayyum, U., ul Hassan, S. R., & Khan, T. I. (2024). Impact of social media influencers on consumers' well-being and purchase intention: a TikTok perspective.

- European Journal of Management and Business Economics*, 33(3), 366–385.
<https://doi.org/10.1108/EJMBE-08-2022-0270>
- Karataş, İ. A. (2022). Çevrimiçi Tüketici ve Fenomen Yorumlarının Çevrimiçi Satın Alma Davranışı Üzerine Etkisi. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 17(3), 693–711.
<https://doi.org/10.7827/turkishstudies.63092>
- Karataş, M., & Eti, H. S. (2022). Dijital Pazarlama Çağında Instagram Fenomenlerinin Tüketici Satın Alma Davranışlarına Etkisi. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 13(50), 184–219.
<https://doi.org/10.5824/ajite.2022.03.005.x>
- Kayan, F. (2024). Sosyal Medyada Pazarlama Stratejileri ve Influencer’ların Tüketici Davranışlarına Etkileri. *Sosyolojik Bağlam Dergisi*, 5(3), 421–445.
<https://doi.org/10.52108/2757-5942.5.3.3>
- Keskin, S., & Baş, M. (2015). Sosyal Medyanın Tüketici Davranışları Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3), 51–69.
- Köksal Araç, S. (2023). Influencer Pazarlama. In *Pazarlamanın Dijital Dönüşümü: Pazarlama 5.0* (pp. 271–298). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub254.c1346>
- Kretchmar, J. (2024). *Social Learning Theory* | EBSCO Research Starters. <https://www.ebsco.com/research-starters/education/social-learning-theory>
- Önem, Ş. (2022). *Sosyal Medya Etkileyicilerinin Tüketicinin Satın Alma Niyeti Ve Kararına Etkisi* [Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonuc>

Yeni.jsp

- Riedl, J., & von Luckwald, L. (2019). Effects of Influencer Marketing on Instagram. *Access Marketing Management, March*, 1–37. www.accessmm.de/openscience
- Şahin, B. (2020). *Dijital Kanaat Önderlerinin Sosyal Medya Perspektifinde Tüketici Satın Alma Karar Sürecine Etkisi* [Marmara Üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=LbL_8iE8USBzMxJ017rSQQ&no=GboI3rHzqsV7i4sKo9YDjg
- Şahin, B. G., & Akballı, E. E. (2019). Tüketici Davranışlarını Etkileyen Faktörler ve Yöntem Analizi. *Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 1(1), 43–85.
- Sarı, Ç., & Dal, N. E. (2024). Sosyal Medya Etkileyicilerine Duyulan Güvenin Marka Algısı ve Tüketici Satın Alma Davranışına Etkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 8(19), 27–41. <https://doi.org/10.58202/joecopol.1479301>
- Sarıtaş, A., & Karagöz, Ş. (2017). Sosyal Medya Kullanımının Tüketici Davranışlarına Etkisi: Üniversite Öğrencileri Örneği. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 6(17), 359–374. <https://doi.org/10.38004/sobad.1083760>
- Şeker, A. (2022). İnfluencerların Tüketici Satın Alma Tutum ve Davranışlarına Etkileri Üzerine Nitel Bir Araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 22(1), 19–42. <https://doi.org/10.24889/ifede.934155>
- Şişman, O. (2022). Sosyal Medya Reklamlarının Çevrimiçi Satın Alma Davranışı Üzerindeki Rolü: Kuşaklar Üzerine Bir İnceleme. *Uluslararası Halkla İlişkiler ve Reklam Çalışmaları Dergisi*, 5(1), 115–133.
- Tosun, Y. E. (2022). *Dijital Pazarlamayla Gelişen Sosyal Medya*

Pazarlamasının Tüketicilerin Satın Alma Davranışı Üzerindeki Etkisi. Işık Üniversitesi.

- Üreşen, D., & Kaplan, M. (2024). Dijital Çağda Sosyal Medya Fenomenlerinin Tüketici Satın Alma Davranışlarına Etkisi: Instagram Örneği. *Management and Political Sciences Review*, 6(1), 19–36. <https://doi.org/10.57082/mpsr.1482725>
- Venciute, D., Mackeviciene, I., Kuslys, M., & Correia, R. F. (2023). The role of influencer–follower congruence in the relationship between influencer marketing and purchase behaviour. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103506>
- Yardımcı, M. (2024). Influencer Bireylerin Takipçileri Üzerindeki Etkisi. *International Journal of Media, Culture and Literature*, 9(2), 115–129. https://doi.org/10.17932/IAU.IJMCL.2015.014/ijmcl_v09i2002
- Yavuz, A., & Özüpek, M. N. (2025). The Role of Online Resource Reliability of Social Media Influencers on Purchasing Behavior. *Erciyes İletişim Dergisi*, 12(1), 29–51. <https://doi.org/10.17680/erciyesiletisim.1526479>
- Yıldız, S. Y. (2021). Sosyal Medya Kullanıcılarının Satın Alma Tercihlerinde Influencer Pazarlamasının Etkisi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(3), 599–610. <https://doi.org/10.33712/mana.1022475>

BÜYÜK DİL MODELLERİ VE KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

Muhammed Çağrı AKSU¹

1. GİRİŞ

Karar Destek Sistemleri (KDS), yöneticiler ve karar vericilerin yarı-yapılandırılmış veya yapılandırılmamış problemlerle başa çıkabilmeleri için geliştirilen bilgisayar destekli bilgi sistemleridir (Felsberger vd., 2016). Sprague ve Carlson (1982)'un klasik tanımına göre KDS, organizasyonlardaki yöneticilerin ve bilgi çalışanlarının karar verme faaliyetlerini desteklemek üzere kurumsal bilgi sisteminin diğer bölümleriyle etkileşim halinde çalışan bir bilgi sistemi sınıfıdır. Bu sistemler veritabanları, modelleme araçları ve kullanıcı dostu arayüzler sayesinde karar alma süreçlerini hızlandırmayı ve iyileştirmeyi amaçlar. Geleneksel KDS uygulamaları genellikle belirli bir probleme veya sektöre özelleşmiş, dar kapsamlı çözümler sunmuştur.

Son yıllarda yapay zekâ alanındaki atılımlar, özellikle Büyük Dil Modelleri (BDM) olarak adlandırılan derin öğrenme modellerinin ortaya çıkışıyla yeni bir boyut kazanmıştır. BDM'ler transformer tabanlı sinir ağları mimarisine sahip, milyarlarca parametre içeren ve devasa metin veri setleri üzerinde sonraki kelimeyi tahmin etme amacıyla eğitilen modellerdir. Bu sayede doğal dili anlama ve üretme konusunda insan benzeri bir yetkinliğe ulaşmışlardır (Vrdoljak vd., 2025). Bu modeller, farklı konu ve bağlamlarda tutarlı ve mantıklı metinler üretebilmekte;

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, cagriaksu@artvin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8577-4413.

soru cevaplama, metin özetleme, açıklama yapma gibi yetenekleriyle geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. BDM'lerin dil işleme konusundaki üstün yetenekleri, karar destek sistemlerine entegre edildiklerinde önemli faydalar sağlayabileceğine işaret etmektedir. Nitekim araştırmalar da BDM'lerin organizasyonel karar alma süreçlerinde bilgi toplama ve alternatif çözümler üretme gibi pek çok aşamada yardımcı olabileceği gösterilmiştir (Handler vd., 2024). Geleneksel KDS yaklaşımlarının aksine, tek bir BDM farklı bağlamlarda genel amaçlı bir karar destek aracı olarak işlev görerek birden çok alanda uygulanabilmektedir. Bu durum, işletmelerden sağlık hizmetlerine kadar çeşitli alanlarda BDM tabanlı karar destek uygulamalarının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Handler vd., 2024). Örneğin sağlık alanında, büyük dil modellerinin klinik vaka verilerinden hastaya özel teşhis ve tedavi önerileri üretebildiği gösterilmiştir (Gaber vd., 2025). Hukuk alanında ise Kolombiya'da bir hakimin bir davada karar verirken ChatGPT'den yararlanması yapay zekânın karar süreçlerine beklenmedik biçimde dahil olabileceğini göstermiştir (Taylor, 2023).

Büyük dil modellerinin karar destek sistemlerinde kullanımı, heyecan verici fırsatlar kadar bazı önemli soru ve endişeleri de gündeme getirmektedir. Handler vd. (2024), BDM'lerin yaygın adoptasyonunun karar destek alanında davranışsal, teknik ve ekonomik boyutlarda birçok yeni soruyu beraberinde getireceğine dikkat çekmektedir. Karar vericilerin BDM tavsiyelerine aşırı güven duyması ya da bu modellerin önyargılı çıktılar üretmesi, karar süreçlerinde hatalara yol açabilecek risklerdendir. Nitekim büyük dil modellerinin eğitim verilerindeki önyargıları yansıtarak belirli gruplar aleyhine hatalı veya yanlı öneriler verebildiği gösterilmiştir (Vrdoljak vd., 2025). Benzer şekilde, BDM'ler zaman zaman gerçekte olmayan içerikler üreterek kullanıcıyı yanıltma potansiyeline sahiptir

(Taylor, 2023). Tüm bu zorluklar, BDM tabanlı karar destek sistemlerinin güvenilir, etik ve şeffaf bir şekilde tasarlanıp kullanılabilmesi için yeni yaklaşımlara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bu kitap bölümü, büyük dil modelleri ve karar destek sistemleri arasındaki ilişkileri, uygulama alanlarını ve bu alandaki başlıca sorunları akademik bir bakış açısıyla ele almaktadır. İlk olarak, KDS ve BDM teknolojilerinin nasıl etkileşime girdiği ve birbirlerini nasıl tamamladığı incelenmiştir. Ardından, BDM tabanlı karar destek sistemlerinin günümüzde çeşitli sektörlerdeki uygulamaları örneklerle anlatılmıştır. Daha sonra bu sistemlerin karşılaştığı teknik zorluklar ve etik boyut tartışılmış; güvenilirlik, önyargı, mahremiyet ve sorumluluk gibi kritik konular değerlendirilmiştir. Son olarak, elde edilen bulgular özetlenerek geleceğe yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

2. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ VE BÜYÜK DİL MODELLERİ İLİŞKİSİ

Karar destek sistemleri ile büyük dil modellerinin kesişimi, karar verme süreçlerinin doğasını değiştirebilecek bir sinerji yaratmaktadır. KDS'lerin temelini oluşturan insan-bilgisayar etkileşimi ve model tabanlı analiz bileşenleri, BDM'lerin doğal dil işleme ve geniş bilgi birikimi yetenekleriyle birleştiğinde daha esnek ve güçlü bir karar destek altyapısı ortaya çıkabilir. Geleneksel KDS'ler, genellikle yapılandırılmış veriler ve önceden tanımlanmış modeller üzerinde çalışırken, BDM'ler yapılandırılmamış metinler ve belirsiz sorularla başa çıkabilmektedir (Chean, 2024; Querio, 2025). Bu sayede BDM'ler, KDS'lere doğal dil arayüzü kazandırarak kullanıcıların karmaşık sorgularını kendi dilinde sormalarına ve anlaşılır yanıtlar almalarına imkân tanımaktadır. Literatürde, BDM entegrasyonunun iş zekâsı sistemlerini dönüştürerek yöneticilerin

stratejik karar alma hızını ve isabetini artırdığı belirtilmektedir (Verma vd., 2023).

BDM'lerin KDS'lere entegre edilmesi, karar verme sürecinin Herbert Simon'un üç aşamalı modeli (istihbarat, tasarım ve seçim) bağlamında her adımda yeni imkânlar sunmaktadır (Cerejo & Carvalhais, 2020; Eigner & Händler, 2024; Simon, 1977). İstihbarat aşamasında BDM'ler, geniş bilgi kaynaklarından ilgili verileri toplayıp özetleyerek karar vericinin ön bilgi edinmesini hızlandırmaktadır. Tasarım (alternatif geliştirme) aşamasında BDM'ler, kullanıcı girdilerine dayanarak yaratıcı çözüm alternatifleri veya senaryolar üretebilmekte ve beyin fırtınası sürecine katkı sağlamaktadır. Seçim aşamasında ise BDM, her bir alternatifin olası sonuçlarını doğal dilde açıklayıp kıyaslamalar yaparak karar vericinin en uygun seçeneği belirlemesine yardımcı olabilmektedir (Cerejo & Carvalhais, 2020; Eigner & Händler, 2024; Simon, 1977). Örneğin, karmaşık bir proje yönetimi kararında BDM, her seçenek için riskleri ve kazanımları metinsel olarak analiz edip sunabilmektedir. Bu yönleriyle BDM'ler, karar destek döngüsünün tamamlayıcı bir parçası haline gelerek genel amaçlı bir karar destek teknolojisi işlevi görmektedir

Büyük dil modellerinin bu şekilde kullanımı, sadece bireysel karar vericiler için değil, örgütsel karar mekanizmaları için de etkileyici sonuçlar doğurmaktadır. Araştırmalar, BDM tabanlı araçların kurum içinde bilgiye erişimi demokratikleştirerek orta düzey çalışanların karar alma özerkliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır. Üst düzey uzmanların sahip olduğu bilgiye benzer kalite ve kapsamda bilgiyi BDM aracılığıyla elde edebilen çalışanlar, kararları merkezi otoriteye bağımlı kalmadan alabilir hale gelebilmektedir. Bu durum, karar verme yetkisinin merkezî odaktan uzaklaşp daha dağıtık bir yapıya kavuşması anlamına gelir ki literatürde bunun rekabetçi ortamlarda verimlilik artışı sağlayabileceği ileri

sürülmüştür (Alsobay vd., 2025; Shrestha vd., 2019). Öte yandan, BDM’lerin yanlış veya yanıltıcı bilgi verme potansiyeli göz önüne alındığında, örgüt içinde kontrolsüz kullanımının karar otoritesini belirli teknolojilere veya bu teknolojileri elinde bulunduranlara fazla bağımlı kılabilceği de vurgulanmaktadır (Handler vd., 2024; Spatharioti vd., 2025). Bu nedenle, KDS ile BDM’lerin bütünleşik kullanımında insan denetimi ve geri bildirim mekanizmaları kritik öneme sahiptir. Karar destek amacıyla kullanılan BDM’lerin önerileri, nihai kararı verecek uzmanlar tarafından doğrulanmalı; model çıktılarına körü körüne güvenilmesinin önüne geçilmelidir. Bu noktada, kullanıcı eğitimleri ve sistem tasarımında açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımlarının benimsenmesi, insan ve yapay zekâ iş birliğinin sağlıklı biçimde sürdürülmesini destekleyecektir (Doshi-Velez & Kim, 2017).

3. BDM TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Büyük dil modellerinin karar destek sistemlerine entegre edilmesi, farklı alanlarda yenilikçi uygulamaların doğmasına zemin hazırlamaktadır. Sağlık hizmetlerinden işletmelere, kamu yönetiminden finansal sistemlere kadar geniş bir yelpazede bu teknolojilerin karar verme süreçlerine katkı sağladığı görülmektedir. Örneğin, sağlık alanında hasta öykülerini ve belirtileri yorumlayarak olası tanılar üretebilen ve doğru branşa yönlendirme yapabilen yapay zekâ destekli sistemler, özellikle acil durumlarda triyaj kararlarını hızlandırarak kritik hastaların erken tespitine yardımcı olabilmektedir (Gaber vd., 2025). Benzer biçimde, iş dünyasında büyük dil modelleri, şirket verilerini ve piyasa eğilimlerini doğal dilde özetleyerek yöneticilerin stratejik planlamalarında “ne olurdu?” türü senaryoları hızlıca değerlendirmesine olanak tanımaktadır. Bu tür

sistemler, karmaşık finansal analizleri daha anlaşılır hale getirerek karar vericilerin şeffaf ve bilinçli adımlar atmasını desteklemektedir (Verma vd., 2023).

Öte yandan, kent yönetiminde de dikkat çekici örnekler ortaya çıkmıştır. Büyük dil modelleri, farklı veri kaynaklarından gelen kentsel bilgileri işleyerek belediyelerin vatandaş taleplerini doğru birimlere yönlendirmesine, altyapı ya da ulaşım gibi alanlarda planlama süreçlerini hızlandırmasına katkı sağlamaktadır. Normalde uzun süre gerektiren kapsamlı analizlerin, bu teknolojiler sayesinde kısa sürede tamamlanarak yöneticilere sunulması, karar verme süreçlerinde ciddi bir verimlilik artışı yaratmaktadır (Handler vd., 2024).

Tüm bu örnekler, büyük dil modellerinin yalnızca bireylere ya da şirket yöneticilerine değil, kurumların ve toplumların karar mekanizmalarına da doğrudan etki ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, böylesine güçlü bir teknolojinin karar süreçlerine dahil edilmesi beraberinde bazı riskleri de getirmektedir. Yanıltıcı veya önyargılı önerilerin kontrol edilmeden benimsenmesi, sistemlere aşırı güven duyulması ya da şeffaflık sorunları, karar destek süreçlerinde yeni tartışmalar doğurmaktadır. Bu nedenle, büyük dil modellerinin karar destek sistemlerinde sorumlu, denetlenebilir ve etik çerçevede kullanılması kritik bir önem taşımaktadır.

4. BDM TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMLERİNDE ZORLUKLAR VE ETİK SORUNLAR

Büyük dil modellerinin karar destek sistemlerinde kullanılması sayısız avantaj sunarken, beraberinde teknik, etik ve toplumsal boyutlarda önemli zorluklar da getirmektedir. Bu zorluklar yalnızca teorik değil, gerçek dünya uygulamalarında da gözlemlenen ve çözülmesi gereken hususlardır; model

çıktılarının doğruluğu, adalet, mahremiyet, insan faktörü ve şeffaflık bunların başlıcalarıdır.

Öncelikle doğruluk ve “halüsinasyon” sorununa değinmek gerekir. BDM’ler eğitildiği devasa veri kümesindeki istatistiksel kalıplara dayanarak cevap ürettiği için, bazen gerçekte olmayan veya soruyla alakasız uydurma bilgileri de doğruymuş gibi sunabilmektedir. Bu durum literatürde halüsinasyon olarak adlandırılmaktadır (Ji vd., 2023). Klinik bağlamda yapılan bir çalışmada, modellerin yanlış veya uydurma klinik bilgiler üretmesi riskinin ciddiye alınması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada uydurma detayların yer aldığı klinik istemler kullanılarak BDM’lerin bu hataları ne sıklıkla yaptıkları incelenmiş ve bazı önleme stratejileri önerilmiştir (Kim vd., 2025; Omar vd., 2025). Bu doğruluk sorunlarının, özellikle sağlık gibi ölüm veya ciddi zarar riski taşıyan bağlamlarda, insan uzman onayı ve güvenilir kaynaklara dayalı doğrulama mekanizmaları ile giderilmesi gerekmektedir.

İkinci olarak, önyargı ve adalet sorunları yaygındır. Eğitim verilerinin demografik dağılımındaki dengesizlikler, toplumsal önyargıların eğitim setlerine yansımaları ve dolayısıyla model çıktılarının belirli gruplara (ırk, cinsiyet, etnik köken gibi) karşı dezavantajlı olmasıyla sonuçlanmasını kolaylaştırır. Suenghataiphorn vd. (2025), birçok klinik uygulamada BDM’lerin cinsiyet, ırk gibi özellikler temelinde farklı performans gösterdiğini ortaya koyduğunu belirtmektedir. Benzer biçimde Hanna vd. (2025), farklı BDM’lerin etnik ve ırksal gruplar için ürettikleri metinlerde anlam açısından ve okunabilirlik açısından önyargı içerdiğini göstermiştir. Bu tür adalet sorunları, karar destek sistemlerinde kullanıldıkça sağlık, hukuk ve toplumsal hizmet gibi kritik alanlarda ciddi eşitsizliklere yol açabilir.

Şeffaflık ve açıklanabilirlik teknolojisinin eksikliği de büyük bir sorundur. BDM modelleri, milyonlarca parametre ve karmaşık iç hesaplama adımlarıyla çalıştıkları için karar vericilerin “neden bu çıktı verildi?” sorusuna net yanıtlar veremeyebilmektedir. Modelin hangi veri kaynaklarına dayandığı, hangi özelliklerin hangi kararları tetiklediği gibi unsurlar çoğu zaman kullanıcı için kapalıdır. Bu bağlamda federatif öğrenme ve açıklanabilir yapay zekâ bileşenlerinin birleştirilmesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Saifullah vd. (2024) çalışmalarında gizliliği korumaya yönelik tekniklerin açıklanabilirlik üzerindeki etkilerini sistematik biçimde incelemiştir. Başka bir çalışmada ise derin öğrenme modelleri için belirsizlik ölçümleri ve istatistiksel metriklerin halüsinasyonları tespit etmede faydalı olduğu tespit edilmiştir (Farquhar vd., 2024).

Mahremiyet ve veri güvenliği konusunda da riskler vardır. Sağlık verileri, hukuki bilgiler, finansal bilgiler gibi hassas veri türleri, model eğitimi ve kullanım aşamasında sızma, yanlış kullanım ya da kimlik ifşası gibi sorunlara maruz kalabilmektedir. Federatif öğrenme gibi yöntemler, verinin kurumlar arasında doğrudan paylaşılmadan modellere katkısı olmasını sağlamakta ve bu da mahremiyeti artırmaktadır (Corcuera Bárcena vd., 2025).

İnsan faktörü ve aşırı güven meselesi de göz ardı edilmemelidir. Kullanıcılar modelin önerilerine körü körüne inanabilir, model çıktılarındaki belirsizlikleri ya da muhtemel hataları hesaba katmayabilirler (Holbrook vd., 2024). BDM’lerin ikna edici üslubu bu riski artırabilir. Bu nedenle, kullanıcıların modelin işleyişini, sınırlılıklarını ve belirsizliklerini anlayabileceği arayüzler tasarlanmalı; karar vericilerin eğitim alması ve modelden gelen önerilerin denetlenmesi sağlanmalıdır (Reyes vd., 2025).

Bu zorluklar birlikte ele alındığında şunu görmek gerekir. BDM tabanlı karar destek sistemlerinin güvenle ve adil biçimde işletilmesi, sadece teknik çözümlerle değil; organizasyonel kültür, düzenleyici denetim, kullanıcı eğitimi ve etik yönetim mekanizmalarının güçlü biçimde varlığıyla mümkündür.

5. SONUÇ

Büyük dil modelleri, doğal dil işleme alanındaki üstün performansları sayesinde karar destek sistemlerinin evriminde bir sonraki adımı temsil etmektedir. Bu bölümde ele alındığı gibi, BDM tabanlı karar destek sistemleri yöneticilere ve uzmanlara, insan dilinde etkileşim kurarak zengin bilgiye dayalı öneriler sunabilmekte ve çeşitli sektörlerde karar alma süreçlerini dönüştürmektedir. Sağlık alanında teşhis ve tedavi önerilerinden, iş dünyasında stratejik planlamaya, akıllı şehir uygulamalarından finansal analizlere kadar geniş bir yelpazede BDM'lerin sunduğu yenilikçi çözümler görülmektedir. Bu çözümler, doğru uygulandığında karar verme hızını ve kalitesini artırmakta, karmaşık problemler karşısında daha kapsamlı bir bakış açısı kazandırmaktadır.

Ancak büyük dil modellerinin karar destek sistemlerine entegrasyonu, yalnızca faydalarıyla değil, beraberinde getirdiği sorumluluklar ve zorluklarla birlikte değerlendirilmelidir. BDM'lerin güvenilirliği, önyargısız çalışması, şeffaf ve denetlenebilir olması hayati önemdedir. Aksi takdirde, hatalı veya adaletsiz öneriler insan karar mekanizmalarını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, BDM tabanlı karar destek uygulamalarının geliştirilmesinde ve kullanılmasında etik ilkeler ve düzenleyici çerçeveler yol gösterici olmalıdır. Başta akademik camia ve sektör paydaşları, BDM'lerin karar destek alanındaki etkilerini anlamak ve iyileştirmek üzere yoğun araştırmalar yürütmektedir (Handler vd., 2024). Bu araştırmalar,

halüsinasyonların giderilmesinden model çıktılarının açıklanmasına, veri gizliliğinin sağlanmasından insan-makine etkileşiminin optimize edilmesine kadar pek çok boyutu kapsamaktadır.

Gelecekte, büyük dil modellerinin daha da gelişmesi ve uzmanlaşmasıyla birlikte, karar destek sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmeleri beklenmektedir. Özellikle çok modlu modellerin (metnin yanı sıra görsel ve sayısal verileri de işleyebilen modeller) devreye girmesi, karar destek araçlarının kapsamını daha da genişletecektir. Örneğin hem metin raporlarını hem de istatistiksel verileri birlikte analiz edebilen bir yapay zekâ, bütüncül bir karar desteği sağlayabilecektir. Bununla birlikte, insan faktörü her zaman karar alma süreçlerinin merkezinde kalacaktır. BDM'ler ne kadar yetkin olsa da nihai kararların etik ve bütünsel sorumluluğu insanda olmalıdır. Bu teknolojiler doğru dengelendiğinde insan karar vericilerin yardımcı pilotu olarak görülebilir ve rutin işleri otomatikleştirip bilgiye erişimi kolaylaştırarak insana zaman kazandıran ama son sözü insana bırakan bir yaklaşım sunar.

Sonuç olarak, büyük dil modelleri ile karar destek sistemlerinin birleşimi, karar verme dünyasında önemli bir paradigma değişiminin habercisidir. Bu değişimin olumlu yönde şekillenmesi, teknolojik yeniliklerle etik duyarlılıkların bir arada gözetilmesiyle mümkün olacaktır. Akademik araştırmalar ve uygulamadaki deneyimler ışığında, geleceğin karar destek sistemleri hem akıllı hem de sorumlu yapay zekâların desteğiyle, insanlığın daha bilinçli ve etkin kararlar almasına katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Alsobay, M., Rothschild, D. M., Hofman, J. M., & Goldstein, D. G. (2025). Bringing Everyone to the Table: An Experimental Study of LLM-Facilitated Group Decision Making. *arXiv preprint arXiv:2508.08242*.
- Cerejo, J., & Carvalhais, M. (2020). The lens of Anticipatory Design under AI-driven Services. International Conference on Digital Design & Communication (DIGICOM 2020) ATAS: PT & ES, Barcelos, Portugal,
- Chean. (2024). *How LLMs Are Transforming Business Intelligence & Analytics*. Retrieved 17 Eylül, 2025 from <https://dexoc.com/blog/how-llms-are-transforming-business-intelligence-and-analytics>
- Corcuera Bárcena, J. L., Ducange, P., Marcelloni, F., & Renda, A. (2025). Increasing trust in AI through privacy preservation and model explainability: Federated Learning of Fuzzy Regression Trees. *Information Fusion*, 113, 102598. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102598>
- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*.
- Eigner, E., & Händler, T. (2024). Determinants of llm-assisted decision-making. *arXiv preprint arXiv:2402.17385*.
- Farquhar, S., Kossen, J., Kuhn, L., & Gal, Y. (2024). Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature*, 630(8017), 625-630. 10.1038/s41586-024-07421-0
- Felsberger, A., Oberegger, B., & Reiner, G. (2016). A Review of Decision Support Systems for Manufacturing Systems. *SAMI@ iKNOW*, 8.

- Gaber, F., Shaik, M., Allega, F., Bilecz, A. J., Busch, F., Goon, K., Franke, V., & Akalin, A. (2025). Evaluating large language model workflows in clinical decision support for triage and referral and diagnosis. *npj Digital Medicine*, 8(1), 263. 10.1038/s41746-025-01684-1
- Handler, A., Larsen, K. R., & Hackathorn, R. (2024). Large language models present new questions for decision support. *International Journal of Information Management*, 79, 102811.
- Hanna, J. J., Wakene, A. D., Johnson, A. O., Lehmann, C. U., & Medford, R. J. (2025). Assessing racial and ethnic bias in text generation by large language models for health care-related tasks: Cross-sectional study. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e57257.
- Holbrook, C., Holman, D., Clingo, J., & Wagner, A. R. (2024). Overtrust in AI Recommendations About Whether or Not to Kill: Evidence from Two Human-Robot Interaction Studies. *Scientific Reports*, 14(1), 19751. 10.1038/s41598-024-69771-z
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM computing surveys*, 55(12), 1-38.
- Kim, Y., Jeong, H., Chen, S., Li, S. S., Lu, M., Alhamoud, K., Mun, J., Grau, C., Jung, M., & Gameiro, R. (2025). Medical hallucinations in foundation models and their impact on healthcare. *arXiv preprint arXiv:2503.05777*.
- Omar, M., Sorin, V., Collins, J. D., Reich, D., Freeman, R., Gavin, N., Charney, A., Stump, L., Bragazzi, N. L., Nadkarni, G. N., & Klang, E. (2025). Multi-model assurance analysis showing large language models are

- highly vulnerable to adversarial hallucination attacks during clinical decision support. *Communications Medicine*, 5(1), 330. 10.1038/s43856-025-01021-3
- Querio. (2025). *LLMs and the promise of personalized business intelligence*. Retrieved 17 Eylül, 2025 from <https://querio.ai/articles/llms-and-the-promise-of-personalized-business-intelligence>
- Reyes, J., Batmaz, A. U., & Kersten-Oertel, M. (2025). Trusting AI: does uncertainty visualization affect decision-making? [Original Research]. *Frontiers in Computer Science, Volume 7 - 2025*. 10.3389/fcomp.2025.1464348
- Saifullah, S., Mercier, D., Lucieri, A., Dengel, A., & Ahmed, S. (2024). The privacy-explainability trade-off: unraveling the impacts of differential privacy and federated learning on attribution methods. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1236947.
- Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S. M., & Von Krogh, G. (2019). Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence. *California management review*, 61(4), 66-83.
- Simon, H. (1977). The new science of management decision. Prentice-Hall. *Englewood Cliffs, NJ*.
- Spatharioti, S. E., Rothschild, D., Goldstein, D. G., & Hofman, J. (2025). *Effects of LLM-based Search on Decision Making: Speed, Accuracy, and Overreliance* Microsoft at CHI 2025, Yokohama, Japan.
- Sprague, R., & Carlson, E. (1982). *Building effective decision support systems*. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Suenghataiphorn, T., Tribuddharat, N., Danpanichkul, P., & Kulthamrongsri, N. (2025). Bias in Large Language

Models Across Clinical Applications: A Systematic Review. *arXiv preprint arXiv:2504.02917*.

Taylor, L. (2023). *Colombian judge says he used ChatGPT in ruling*. Retrieved 17 Eylül, 2025 from <https://www.theguardian.com/technology/2023/feb/03/colombia-judge-chatgpt-ruling>

Verma, N. K., Raj, A., Deora, R., & Borkar, R. (2023). Accounting Analytics in the Era of Open AI Transforming Financial Analysis through Machine Learning Models. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 11, 992.

Vrdoljak, J., Boban, Z., Vilović, M., Kumrić, M., & Božić, J. (2025). A Review of Large Language Models in Medical Education, Clinical Decision Support, and Healthcare Administration. *Healthcare*, 13(6), 603. <https://www.mdpi.com/2227-9032/13/6/603>

DİJİTAL MAHREMİYET VE VERİ GÜVENLİĞİ

Hüseyin Bilal MACİT¹

1. DİJİTAL DÜNYA VE MAHREMİYET

Mahrem, “haram” kelime kökünden gelir ve dini bir kavram olarak Allah’ın haram kıldığı, yasakladığı şeylere, özelde ise anne, baba, kardeş, süt kardeş, dede, nene gibi evlenilmesi ebedi olarak yasaklanmış kimselere (Diyanet İşleri Başkanlığı, 2017, s. 401), saygıya ve gizlemeye değer, herkesin bilmesi gerekmeyen şeylere (Serinsu & Sürmeli, 2009, s. 220) denir. Yasak, memnu ve kesin bir dille yapılmaması istenen fiil (Diyanet İşleri Başkanlığı, 2017, s. 231) anlamına gelen “haram” kelimesi Türk Dil Kurumu çevrimiçi sözlüğünde din kurallarına aykırı olan, dinî bakımdan yasak olan, helal karşıtı olarak tanımlanmıştır. Hürmet, muharrem, mahrum gibi birçok kelime haram kelime kökünden gelir. Bu kelimeler anlam olarak yasaklamak, el sürmemek, bir fiili terk etmek, kişinin koruduğu yakınları gibi anlamlar içerir. Bu kelimelerin ortak yönü temelde insanın dokunulmazlığının vurgulanmasıdır (Diler, 2014, s. 72). Haram kelimesinden türetilmiş bir başka kelime olan mahremiyet kelimesinin Türk Dil Kurumu’ndaki karşılığı “gizlilik” olarak belirtilmiştir. Ülkemizde mahremiyet kelimesi; herkesçe bilinmemesi, görülmemesi ve konuşulmaması gereken şey (Develioğlu, 1990, s. 180), aile yaşantısı, bireyin kendisi ile baş başa kaldığı anlar, inziva, yalnızlık, özel alanların paylaşılması (Köktener & Akgün, 2020, s. 237), cinsel dokunulmazlık (Diler,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Bilişim Sistemleri ve Teknolojileri Bölümü, hbmacit@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5325-5416.

2014, s. 72) gibi benzer anlamlarda kullanılır. Mahremiyet kelimesinin İngilizce karşılığı “privacy” kelimesidir. Bu kelime, Türkçe karşılığı özel, şahsi, kişisel anlamlarına gelen “private” kelimesinden türemiştir. Almanca “privat”, Fransızca “privée”, İtalyanca “privata”, İspanyolca “privada” gibi benzer yazılışları ve okunuşları olan bu kelimenin batı kültüründe sosyal hayattaki da karşılığı benzerlik gösterir. Amerikalı Sosyal psikolog Irwin Altman’a göre mahremiyet; “Bir kimsenin kendisine veya grubuna ulaşma gayreti üzerindeki seçici kontrolüdür.” Bir başka deyişle, kişinin yalnız kalma isteği ile sosyalleşme isteği arasındaki alandır (Yüksel, 2003, s. 79). Mahremiyet doğrudan bireyin kendisini ilgilendiren bir olgudur. Dolayısıyla bireyin kendi hayatında sergilediği davranışlarının tümü mahremiyet kapsamında incelenebilir. Ancak farklı dil ve kültürlerde bireyin yaşam pratikleri değiştiği gibi mahremiyet algısı da değişebilir. Mahremiyet algısı gelişmiş bir kişi sosyal ilişkilerden kaçınmaz, aksine etkileşim kurmaya çalışır. Bu kişi, hem belirli kurallar çerçevesinde yoğun sosyal ilişki kurabilen hem de yalnız kalmayı başarabilen kişidir (Gifford, 2013, s. 173). Kişinin mahremiyet algısını bulunduğu ortam da etkiler. Örneğin tek kişilik küçük bir odada yalnız kalan bir kişinin mahremiyet algısı, tanımadığı birkaç kişiyle aynı odayı paylaşan başka bir kişiye göre daha fazla gelişir. Ortamdaki kişilerin varlığı, sayısı ve mesafesi mahremiyet algısı ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin kalabalık bir çalışma ortamında çalışanların birbiri ile görsel ve işitsel iletişimini kesen barikatlar mahremiyet duygusunu ön plana çıkarır.

Mahremiyet kavramı bireysel, mekânsal ve enformasyon mahremiyeti olarak üç başlıkta incelenebilir (Köktener & Akgün, 2020, s. 238). Bireysel mahremiyet bireyin kendi özel alanına müdahalelere karşı kendini korumasını, mekânsal mahremiyet ise bireyin yaşadığı veya bulunduğu yeri müdahalelere karşı korumasını ifade eder. Enformasyon mahremiyeti ise kişisel bilgilerin gizliliği ile ilgilidir. Dijital dünya öncesinde az sayıda

kopya ile yazılı olarak saklanan ve sözlü olarak aktarılan kişisel bilgilerin, iletişim dünyasındaki gelişmelerle saniyede milyonlarca dijital kopyası üretilmektedir. Teknoloji kişisel bilgiler için zaman-mekân kavramlarını bir anda değiştirmiştir (Okumuş & Atılğan, 2021, s. 348). 90'lı yıllarda, Web 1.0 olarak anılan İnternet'in ilk döneminde çevrimiçi bilgiler statikti ve ziyaretçi yalnızca tüketici konumundaydı. Ziyaretçinin yalnızca blog sitelerine yorum yazabilecek kadar interaktif olabildiği bu dönemde enformasyon mahremiyeti konusu henüz dijital ortama taşınmamıştı. 2000'li yılların başlarında, Web 2.0 ya da etkileşim çağı olarak adlandırılan dijital çağda enformasyon dinamik hâle geldi. Çevrimiçi forum sitelerinde ziyaretçiler artık görüş bildiriyor, fotoğraf ve video paylaşabiliyordu. Sunulan etkileşim kolaylıkları sosyal medyanın doğuşunu kaçınılmaz hâle getirdi. 2002 yılında Kanadalı bir bilgisayar programcısı olan Jonathan Abrams tarafından kurulan Friendster adlı sosyal medya platformu kısa zamanda 3 milyon kullanıcı sayısına ulaştı (Corry, 2022, s. 32). Time, Esquire gibi dönemin ünlü dergilerine manşet olan Friendster'in ardından 2003 yılında MySpace ve LinkedIn, 2004 yılında Facebook, 2005 yılında Youtube, 2006 yılında Twitter kuruldu. Sosyal ağların ve kullanıcı sayısının iletişim hızı ile paralel biçimde günden güne artması dijital enformasyonun biçimini de değiştirdi. Önceleri çoğunlukla kelimelerden oluşan enformasyona fotoğraf, ses ve video gibi çoklu ortam öğeleri de eklendi. Medya öğeleri olarak da adlandırılan bu enformasyon, sisteme sayısallaştırılmış olarak girdiği için çoğaltılabilir ve değiştirebilir duruma gelmişti. Örneğin sosyal medya platformuna yüklenen bir fotoğraf saniyeler içinde milyonlarca hesabın görebileceği biçimde sanal olarak çoğaltılabiliyordu. Ayrıca fotoğrafın üzerinde manipülasyon gerçekleştirme imkânı ortaya çıkmıştı. Fotoğrafın parlaklığı, rengi, boyutu gibi temel özellikleri değiştirilebildiği gibi, fotoğraf üzerindeki nesneler ve kişiler değiştirebiliyordu. Sosyal medya uygulamalarının sunduğu bu imkânlar ile bireyler arasındaki iletişim biçimi

değişmeye başladı. Kullanıcıların hazırladıkları içerikler, sürekli yenilenen sayfalar, anlık geribildirim alma imkânı dünyanın farklı ülkelerinden milyonlarca insanı bu platformlara çekti. Kullanıcıların kendilerini özgürce ifade edebildiği ve gerçek hayattan çok daha fazla sayıda kişiye daha kısa zamanda ulaşabildiği sosyal medya araçlarında farklı kültür birikimlerinin bir araya gelmesi, siber kültür (Başlar, 2013, s. 778), katılımcı kültür (Koç, 2020, s. 907) gibi kavramları doğurdu. Katılımcı kültür, temelde halk kültürünün dijitalleşmiş hâlidir. 90'lı yıllarda televizyon tarafından şekillendirilen medya kültürü kavramında izleyici kendisine sunulanı tüketmekten başka bir alternatifte sahip değildi. Dijital dünyada ise izleyici veya tüketici medya içeriğini kendisi oluşturduğu için kültüre doğrudan etki etmektedir. Kullanıcının hem tüketici hem de üretici konumuna gelmesi, kendini özgürce ifade edebilmesi ve kısa zamanda geri dönüt alabilmesi, gerçek hayatta ulaşabileceğinden çok daha kalabalık bir kitleye ulaşabilmesi gibi imkânlar katılımcı kültürün oluşmasındaki en önemli unsurlar olmuştur. Bu kültür, kendine evrensel bir dil de oluşturmaya başlamıştır. Ne Türkçe ne de diğer dünya dillerinde hem günlük hayatta hem de sözlükte karşılığı olmayan yeni ifadeler türemiştir. Z kuşağı jargonu olarak da bilinen bu ifadelere; ghostlamak, likelamak, görüldü atmak, favlamak, mentionlamak, duyar kasmak, takipçi kasmak, stalklamak, müko, efso gibi örnekler verilebilir. Katılımcı kültüre adapte olan bireyler, kendini ifade etmenin yanında yaşayış tarzının da dijital dünya tarafından şekillenmesine izin vermeye başlamıştır. Bireyler katılımcı kültür ile şekillendirdikleri yaşam tarzlarını yine sosyal medya üzerinden sergileme eğilimindedir. Sosyal medya, gerçek dünyanın sınırlılıklarından bir kaçış gibi görülmektedir (Kocabay Şener, 2016, s. 52). Günlük hayatın rutininden sosyal medya platformlarına kaçan kullanıcılar aslında katılımcı kültürün oluşumuna, dağıtımına ve tüketimine katkı sağlamaktadırlar.

Kullanıcıların yalnızca küçük bir kısmı dijital platformlardan para kazanmakta, büyük bir kesim ise farkında olmadan onların kâr etmesine hizmet etmektedir. Bu platformlarda yer almayan kişiler, kurumlar ve şirketler dijital kimliğe henüz sahip olamamış kabul edilmektedir (Köktener & Akgün, 2020, s. 239). İnsanların artık bir kişiyi, kurumu veya ilk önce şirketi sosyal medya üzerinde araması, dijital kimliğe sahip olmayanların gerçekte de var olmadığını düşünmelerine neden olmaktadır. Bu platformlarda var olmak tek başına yeterli değildir; varlığın sürdürülebilmesi için sürekli görünür olmak gerekmektedir. Bu nedenle kullanıcılar mümkün mertebe ilgi çekici içerikler üretmeye çalışırlar. Oluşturulan profillerde yapılan paylaşımlar, kişinin mahrem sayılabilecek bilgileri, fotoğrafları ve videoları içermekte ve çoğu kullanıcı bundan rahatsızlık duymamaktadır. Öyle ki, bir çocuğun anne karnında başlayan serüveninden bir yetişkin olana kadar tüm gelişim aşamaları sosyal medya hesaplarında paylaşılabilir. Doğum günü partileri, nişan ve düğün törenleri, yıl dönümü kutlamaları gibi eskiden fotoğrafları bireysel arşivlerde hatıra kalan birçok kutlama, günümüzde bilhassa sosyal medyada paylaşılabilir ve ilgi çekecek biçimde organize edilmektedir. Yeni alınan bir ev ya da araba sosyal medyada tüm takipçilere gösterilmekte, dışarıda yenilen bir yemek, içilen bir kahve anında paylaşılmaktadır. Tatile gidilecek yerler sosyal medyadaki popüler rotalara göre seçilmektedir. Hayatın çoğu önemli anını şekillendirmekte olan sosyal medya platformlarında insanlar kendi hayatlarını sergilemekten haz duyar hale gelmiştir. İngiliz yazar George Orwell'in 1949 yılında yazdığı gelmiş geçmiş en iyi ütöpik eserler arasında gösterilen 1984 adlı romanda bahsi geçen, bireylerin ekran başında saatler harcadığı ve her saniye kameralar tarafından izlendikleri gözetim dünyası bugün neredeyse tam anlamıyla gerçekleşmiştir. Romanda bu yaşam tarzı bireylere dayatılmakta iken bugünün insanı sırf haz aldığı için kendi rızası ile gözetim altına girmektedir. Kişisel hayatın

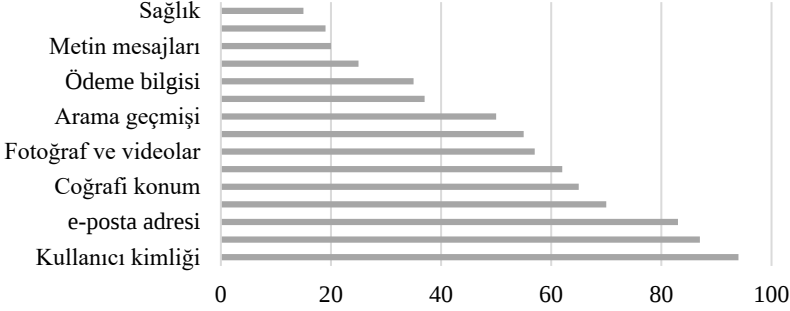
detaylarının kişinin kendisi tarafından bilerek ve isteyerek sosyal medyada özgürce paylaşılması, literatüre gönüllü ifşa kültürü (oversharing) şeklinde geçmiştir (Susilo ve diğerleri, 2025, s. 2). Kişisel bilgi, sosyal medyada paylaşıldıktan sonra kişisel bilgi olmaktan çıkmıştır çünkü artık kontrolsüzce dağıtılabilir ve değiştirilebilir durumdadır. Eskiden özel veya ayıp kabul edilen bilginin evde tutulması felsefesi, yerini gönüllü ifşaya bırakmıştır. Özellikle günlük hayatın basit ve sıradan sayılabilecek eğlence ve sıkıntıları sosyal medyada abartılarak paylaşılmaktadır. Sosyal medyada geri dönüt miktarı ziyaret sayısından ziyade beğeni sayısının çokluğu ile ölçülmektedir. Bir başka deyişle, bir paylaşımın değeri, onun kaç kere beğenildiği ile ölçülebilir. Daha çok beğenilen gönderi, algoritmalar tarafından daha fazla kullanıcıya gösterilir. Sosyal medya platformlarından para kazanan, kazanmayı hedefleyen veya gönüllü ifşa kültürüne dahil olan her kullanıcı gönderisinin daha çok beğenilmesini hedeflemektedir. Bu durum beğeni ekonomisi (like economy) kavramını doğurmuştur (Gerlitz & Helmond, 2013, s. 1349). Beğeni ekonomisinde sosyal medyanın özel bir ekonomik değeri vardır, çünkü kullanıcı etkileşimleri anında karşılaştırılabilir veri biçimlerine dönüştürülür ve diğer kullanıcılara daha fazla trafik ve etkileşim yaratacak şekilde sunulur. Kısaca veri, sosyal medya platformlarının yakıtıdır.

1.1. Mahremiyet Tehditleri ve Riskler

Günümüzün bilgi toplumu, gönüllü ifşa dışında farkında olmadan da çok sayıda kişisel bilgiyi dijital dünyaya sunmaktadır. Cep telefonu, elektrikli otomobil, robot süpürge, akıllı saat gibi çok sayıda cihaz gün içerisinde kullanıcı verilerini toplayıp kendi sunucularına iletmektedir. Kullanıcıların anlık konum bilgileri takip edilerek ne kadar hareket ettiği, hangi konumda ne kadar süre bulunduğu raporlanabilmektedir. Örneğin bir kullanıcının gün içinde alışveriş merkezinde, araç kullanırken, spor yaparken, evde geçirdiği vakitlerin bilgileri kolayca elde edilebilmekte,

bireysel ve bölgesel olarak raporlama yapılabilmektedir. Çoğu zaman bu verilerin ne şekilde toplandığı ve depolandığı kullanıcı sözleşmesinde yer alsa da kullanıcılar genellikle bu uzun metinleri okumamayı tercih etmektedirler. Okumadan onaylanan bu sözleşmeler ile kullanıcılar firmalara kendileri hakkında veri toplama ve bu verileri kullanma iznini vermekteler. Uygulamaların topladığı veriler; profil bilgileri, içerik bilgileri, teknik veriler ve etkileşim verileri olmak üzere 4 ana başlıkta incelenebilir. Profil bilgileri; kullanıcı adı, adı, soyadı, e-posta, telefon numarası, adres, doğum tarihi ve yeri, cinsiyet, vb. bilgileri içerir. İçerik bilgileri; kullanıcının paylaştığı fotoğraflar, yazdığı mesajlar, yorumlar ve içerikler, yaptığı beğeniler, vb. bilgilerdir. Teknik veriler; konum bilgisi, kullanılan cihazın IP adresi, seri numarası gibi cihaz kimlik bilgileri, tarayıcı bilgisi, çerezler, işletim sistemi bilgileri, vb. bilgilerdir. Etkileşim verileri ise hangi reklama tıkladığı, hangi içerikte ne kadar zaman harcadığı, hangi içeriklerin beğenildiği, uygulama üzerinden iletişim kurulan kişiler gibi bilgileri içerir. Bu verilerin sürekli ve otomatik olarak toplanması işlemine izleme (tracking) denir. İzleme ile kullanıcı ve cihazdan alınan bilgiler uygulama geliştirici dışında birçok kişi ve kurum ile paylaşılabilir. Bunlara örnek olarak üçüncü taraf reklam vericiler, pazar araştırma firmaları ve finans kuruluşları verilebilir. Surfshark firmasının 2023 yılı sonunda yaptığı bir araştırmada kullanıcı verilerinin nasıl işlendiğini analiz etmek için AppStore'daki en popüler 100 uygulama incelendi. Araştırma, uygulamaları türüne göre 10 kategoriye ayırdı ve bu uygulamaların hangi tür kullanıcı verilerini ne sıklıkla kullandığını analiz etti. Bunun için toplanan veriler, veri noktası adında 32 sınıfa ayrıldı. Araştırma sonucuna göre en fazla veri toplayan uygulama grubu 32 veri türünün 20'sini toplamasıyla alışveriş ve yemek dağıtım uygulamaları oldu. En az veri toplayan uygulama grubu ise yapay zekâ uygulamaları oldu. Şekil 1'de araştırmadaki 32 veri noktasında

bazıları ve örneklemin bu veri noktalarını toplama grafiği verilmiştir.



Şekil 1. AppStore top-100 uygulamanın topladığı veri türleri (Costa ve diğerleri, 2023)

Araştırma sonucuna göre, 32 veri türünün tamamını topladığı için gizliliği en çok ihlal eden uygulamalar Facebook ve Instagram olmuştur. AI Generated Art uygulaması ise hiçbir veri türünü toplamayarak en az veriye aç uygulamadır. nSoft firmasının 2024 yılı Ekim ayında yayınladığı bir araştırmada AppStore'dan en çok indirilen uygulamaların veri toplama istatistikleri analiz edildi. Bu araştırma sonucuna göre de Facebook ve Instagram en çok kullanıcı verisi toplayan uygulamalardır. Bu iki uygulama, kullanıcı verilerinin %91,4'ünü toplamakta ve %68,6'sını üçüncü taraf kullanıcılar ile paylaşmaktadır. Popüler iş dünyası uygulaması olan LinkedIn ise iletişim, ses, fotoğraf ve video verileri başta olmak üzere kullanıcı verilerinin %74,3'ünü toplamakta ve %37,1'ini üçüncü taraf kullanıcılar ile paylaşmaktadır. Araştırma sonucunda, örneklem içindeki en güvenli uygulamalar Subway Surfers, Fitpro sağlık uygulaması ve Booking.com seçilmiştir çünkü bu uygulamalar hiçbir kişisel veriyi depolamamaktadır (Marinčić, 2024).

2. VERİ GÜVENLİĞİ

Uygulamalar kullanıcılardan topladıkları verileri çeşitli amaçlar için kullanabilir. Ana hatları ile bu amaçlar; reklam, algoritmalar, içerik süzme ve üçüncü taraf kullanıcı ile paylaşım olmak üzere 4 başlıkta incelenebilir. Reklam; uygulamaların en büyük gelir kaynağıdır. Algoritmalar ise kullanıcıya sunulacak içeriği belirler. İçerik süzme; yasa dışı içeriklerin tespit edilmesini sağlar. Üçüncü taraf kullanıcı ile paylaşım ise toplanan kullanıcı verilerinin uygulama geliştirici dışındaki şirket veya kurumlarla paylaşılmasını ifade eder. Mobil reklamcılık dünyada en hızlı büyüyen sektörlerden biridir (Aydın & Karamehmet, 2017, s. 515). Televizyon, radyo, gazete ve mecmua gibi geleneksel medya araçlarında kullanıcı ayırt etmeksizin herkese aynı reklam gösterilir. Ancak medyayı takip eden farklı demografik özelliklerdeki kullanıcıların ilgi alanları da doğal olarak farklıdır. Bu nedenle geleneksel medya reklamlarının yalnızca pek azı hedef kitleye ulaşabilir. Ancak mobil uygulamalarda veya web sitelerinde gösterilen reklamlar kullanıcıya özgüdür, çünkü reklam veren önceden toplanmış veriler sayesinde kullanıcı hakkında bilgi sahibidir. Reklamın kullanıcıya özgü olması reklama tıklanma olasılığını da artırır. Şekil 2’de kullanıcıya özgü reklam oluşturan mobil reklam ekosistemi modeli gösterilmiştir.



Şekil 2. Mobil reklam ekosistemi

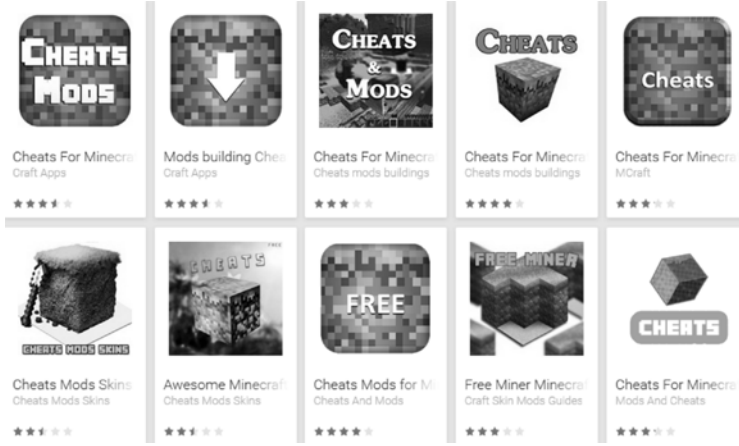
Mobil reklam ekosisteminde toplama sunucusu kullanıcıdan topladığı verileri paketleyip analiz sunucusuna gönderir. Analiz sunucusu gelen verilere göre kullanıcı profili oluşturur, mevcut profili günceller ve profil özelliklerini reklam sunucusuna gönderir. Analiz sunucusunun en önemli görevi kullanıcının ilgi alanlarını tespit etmektir. Reklam sunucusu da aldığı profil bilgisine göre uygun reklamı seçip uygulamaya gönderir. Genel reklam, profil bilgisinden bağımsız olarak geleneksel medya tarzı reklamlardır. Hedefe uygun reklam ise reklam sunucusunun profil bilgisini kullanarak karar vermesi sonucu gösterilen, kişiye özgü reklamdır. Günümüzde bu ekosistemde hizmet veren Meta Audience Network, Google AdMob, Media.net, Amazon Publisher Services, Unity Ads, AppLovin gibi çok sayıda kuruluş bulunmaktadır. Bu hizmetler sayesinde aynı uygulamayı aynı anda aynı yerde kullanan farklı kullanıcılar, kendi ilgi alanlarına uygun farklı reklamlara maruz kalmaktadır.

Uygulamalar, kullanıcıdan aldığı verilerle ana sayfa akışlarını da şekillendirir. Bir alışveriş sitesini veya uygulamasın aynı anda ziyaret eden iki farklı kullanıcı ana sayfada aynı ürünleri görmemelidir. Örneğin bir erkek kullanıcıya ana sayfada makyaj malzemesi, bir kadın kullanıcıya futbol topu gibi ürünler göstermek mantıksız olabilir. Ana sayfa akışının kişiselleştirilmesi algoritmaları en fazla sosyal medya uygulamaları tarafından kullanılmaktadır. Kuruluşundan bu yana Facebook, 2015'ten itibaren Twitter, 2016'dan itibaren Instagram ana sayfa akışlarını kullanıcıdan topladığı verilere uygun biçimde kişiselleştiren algoritmalar geliştirdiler. Instagram resmî web sitesindeki makaleye göre ana sayfanın oluşturulması; bir gönderinin içeriği, kaç kişi tarafından paylaşıldığı ve beğenildiği, ne zaman paylaşıldığı, gönderiyi paylaşan kişi hakkında toplanan bilgiler, gönderiyi paylaşan kişiyle kullanıcının etkileşim bilgileri, kullanıcının yakın geçmişteki tüm ziyaret aktivitesi,

iletişim geçmişi gibi birçok bilgi kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Mosseri, 2021). Instagram ve Facebook’u bünyesinde barındıran Meta ise içerik oluşturan yapay zekâ algoritmasının; bir gönderinin gönderi sahibini takip etme olasılığı, gönderiyi görüntülerken 5 saniyeden fazla süre harcama olasılığı, gönderide “ilgilenmiyorum” a tıklama olasılığı, gönderiye yorum yapma olasılığı, gönderiyi beğenme olasılığı, gönderiye tıklama ve aynı zamanda gönderiyle etkileşimde bulunma olasılığı, gönderiyi yeniden paylaşma olasılığı, gönderiyi kaydetme olasılığı, tam ekranda görüntülemek için “keşfet”te gönderilerden birine tıklama olasılığı, bir videonun %95’inden fazlasını izleme olasılığı gibi birçok olasılığı önceden hesaplayabildiğini belirtmiştir (Meta, 2025).

Uygulamalar depoladığı kullanıcı verilerinin güvenliğinden sorumlu olsa da kullanıcı sözleşmesinde belirtmediği biçimde bu verileri kötü niyetli olarak kullanabilir, satabilir veya paylaşabilirler. Siber saldırganların da uygulamaların depoladığı bu verileri çalma olasılığı vardır. Bir anda milyonlarca kullanıcının kişisel bilgilerinin ele geçirilmesi başka platformlar için de büyük risk oluşturur. Kullanıcı sayısı arttıkça hem risk hem de güvenlik için harcanan efor artmaktadır. Genellikle daha az kullanıcıya sahip uygulamalar kullanıcı verilerinin güvenliği açısından daha zayıftır. Örneğin bir VPN uygulaması kullanıcının tüm ağ trafiğini izleyebilir. Ücretsiz bir VPN uygulamasına güvenerek bu uygulama üzerinden elektronik bankacılık gibi yüksek güvenlik gerektiren işlemler yapmak büyük risk taşır. Kullanıcılar için benzer bir risk, farkında olmadan yükledikleri sahte uygulamalardır. Bunlar, siber suçlular tarafından kullanıcılara ve cihazlarına zarar vermek için oluşturulan uygulamalardır. Meşru uygulamaların benzeri şekilde tasarlanmışlardır, ancak kullanıcının çevrimiçi etkinliklerini izlemek, reklam göstermek, kişisel bilgilerini çalmak, cihaz kamerasını ve mikrofonunu kullanarak kayıt almak gibi kötü

niyetli faaliyetler gerçekleştirirler. Sahte uygulama geliştirenler, özellikle çocuk kullanıcıları oyun uygulamalarıyla tuzağa düşürmeye çalışır. 2015 yılında ESET güvenlik firması dönemin popüler oyunu olan Minecraft'ın hileleri olarak Google Play Store'a yüklenmiş 30 sahte uygulamayı tespit etti (Stefanko, 2015). Şekil 3'te birkaç örneği verilmiş olan bu sahte uygulamalar, tespit edilene kadar 600,000'den fazla kez indirilmişti.



Şekil 3. ESET'in tespit ettiği sahte Minecraft uygulamalarından bazıları

Veri gizliliği ve kullanıcı mahremiyeti için risk taşıyan diğer bir uygulama grubu ise sağlık uygulamalarıdır. Bu uygulamalar kişinin kilo, uyku, kronik rahatsızlık, menstrüasyon döngüsü, egzersiz, stres gibi birçok verisine dinamik olarak erişebilmekte ve bu verileri depolamaktadır. Düzenli olarak toplanan ve depolanan bu tür hassas kişisel verinin güvenliği kullanıcılar için endişe kaynağıdır (Schroeder ve diğerleri, 2022, s. 2). 2013 yılında henüz akıllı saatler bu kadar yaygın değirken bile The Guardian Gazetesi'nde kaleme alınan bir yazıda dönemin 20 sağlık uygulamasının 70 farklı reklam ve analiz firması ile kullanıcı verilerini paylaştığı ifade edilmişti (Dredge, 2013).

3. HUKUKİ BOYUT

Kişisel verilerin korunması için ülkeler kendi yasal mevzuatları çerçevesinde önlemler almaktadır. Ülkemizde 2016 yılında yürürlüğe giren 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu; kişisel verilerin işlenmesinde, başta özel hayatın gizliliği olmak üzere kişilerin temel hak ve özgürlüklerini korumak ve kişisel verileri işleyen gerçek ve tüzel kişilerin yükümlülükleri ile uyacakları usul ve esasları düzenlemektedir. Bu kanuna göre yalnızca T.C. kimlik no, ad, soyad, doğum tarihi ve doğum yeri gibi kişinin kesin teşhisini sağlayan bilgiler değil, aynı zamanda kişinin fiziki, ailevi, ekonomik ve sosyal özelliklerine dair bilgiler de kişisel veri kabul edilmektedir. Kanunun yürürlüğe girmesinin hemen ardından kurulan Kişisel Verileri Koruma Kurumu (KVKK) 2017 yılında faaliyetlerine başlamıştır. İdari para cezası uygulama, veri silme talimatı verme ve ihlal konularını yargıya taşıma gibi yetkileri olan KVKK'nın görev ve sorumlulukları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- 1. Düzenleme:** Hangi verinin “kişisel” olarak nitelendirileceğini belirleme ve bununla ilgili kurallar dizisini oluşturma.
- 2. Standardizasyon:** Açık rıza metinlerinin standartlaştırılması.
- 3. Karar alma:** Şikayetleri inceleme, şikayetler üzerine karar alma ve bunları emsal kabul etme.
- 4. Denetim ve gözetim:** Kamu kurumları ve özel sektörün kişisel veri işleme faaliyetlerini denetleme ve izleme.
- 5. Bilgilendirme:** Kişisel verilerin korunması, kurumun işleyişi ve gerçekleşen veri ihlalleri hakkında kamuoyunu bilgilendirme.
- 6. İş birliği:** Uluslararası benzer kurumlarla iş birliği ve koordinasyon sağlama.

30286 sayılı Resmî Gazete’de KVKK tarafından yayınlanan Veri Sorumluları Sicili Hakkında Yönetmelik ile Veri Sorumluları Sicil Bilgi Sistemi (VERBİS) tanımlanmıştır. VERBİS, kişisel verileri işleyen gerçek ve tüzel kişilerin, kişisel veri işlemeye başlamadan önce kaydolmaları gereken ve işlemekte oldukları kişisel verilerle ilgili kategorik bazda bilgi girişi yaptıkları bir kayıt sistemidir. VERBİS’e ülkemizde faaliyet gösteren, ülkemizde veya yurtdışında yerleşik kişisel veri depolayan tüm özel sektör veri sorumlularının ve kamu kurum ve kuruluşlarının veri sorumlularının kaydolması zorunludur. Siyasi partiler, noterler, mali müşavirler, avukatlar, gümrük müşavirleri, arbulucular gibi bazı veri sorumlularının kayıt zorunluluğu olmadığı VERBİS’e, kişisel verilerin hangi amaçla işleneceği, veri kaynağı kişi grubu ve grupları ile bu kişilere ait veri kategorileri hakkındaki açıklamalar, kişisel verilerin aktarılabilceği alıcı veya alıcı grupları, yabancı ülkelere aktarımı öngörülen kişisel veriler, kişisel veri güvenliğine ilişkin alınan tedbirler ve kişisel verilerin işlendikleri amaç için gerekli olan azami süre bilgileri girilmek zorundadır. VERBİS sayesinde kullanıcılar verilerinin hangi amaçla işlendiğini görebilmekte, kullanıcı sözleşmesine aykırı durum tespit ettiklerinde şikayetçi olabilmektedirler. Kısaca ülkemizde KVKK ile kullanıcı verileri güvence altına alınmaya çalışılmakta, VERBİS ile hangi verinin ne amaçla kullanıldığı bilgisi şeffaflaştırılmaktadır.

Avrupa Birliği (AB) Resmî Gazetesi’nde 4 Mayıs 2016 tarihinde ve yayımlanan ve 25 Mayıs 2018 tarihinde uygulanmaya başlayan 2016/679 sayılı AB Genel Veri Koruma Tüzüğü (General Data Protection Regulation – GDPR), kişisel verileri işlenen kişilerin haklarını, veri işleme faaliyetinde bulunanların yükümlülüklerini, kurallara uyum sağlama yöntemlerini ve kurallara uymayanlar hakkında uygulanacak yaptırımları belirtmektedir. Tüzük yalnızca AB’deki kurum ve şirketleri değil, AB vatandaşlarının verisini işleyen tüm

uluslararası kurum ve şirketleri kapsar. Ülkemizdeki KVKK ile aynı amaçları güden GDPR, büyük ölçekli veri işleyen kurum ve kuruluşlarda veri koruma görevlisi çalıştırılmasını zorunlu tutar. GDPR, veri ihlali durumunda 20 milyon Euro'ya veya yıllık küresel cironun %4'üne kadar (hangi tutar daha büyükse) para cezası uygulama yetkisine sahiptir (Tok, 2021).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) kişisel verilerin korunması konusunda ülkemiz ve AB gibi tek bir yasa uygulamak yerine, sektörler ve eyaletler bazında farklı yasa ve düzenlemeleri uygulamaktadır. Her ne kadar Federal Trade Commission (FTC) genel anlamda kişisel veri gizliliği ve tüketici hakları konusunda en merkezi rol oynasa da sağlık verilerinin gizliliği Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA), finans verilerinin gizliliği Gramm–Leach–Bliley Act (GLBA), 13 yaş altı çocukların verilerinin gizliliği Children's Online Privacy Protection Act (COPPA), kredi raporları verilerinin gizliliği Fair Credit Reporting Act (FCRA) gibi yasalarla güvence altına alınır. Bu yasalar, ülkemizdeki KVKK'ya benzer biçimde Federal Communications Commission (FCC), Department of Health and Human Services (HHS), Consumer Financial Protection Bureau (CFPB) gibi kurumlar tarafından yürütülür. ABD'de eyalet bazında öne çıkan en kapsamlı veri güvenliği yasaları Kaliforniya Gizlilik Hakları Yasası (The California Privacy Rights Act - CPRA) ve Kaliforniya Tüketici Gizliliği Yasasıdır (The California Consumer Privacy Act - CCPA). 28 Haziran 2018'de imzalanan ve 1 Ocak 2020'de yürürlüğe giren CCPA, tüketicileri kişisel verilerinin yanlış yönetilmesinden korur ve tüketiciye hangi verilerin toplandığı, işlendiği, paylaşıldığı veya satıldığı üzerinde kontrol sağlar. CPRA ise 1 Ocak 2023'te yürürlüğe giren, CCPA'yı güçlendiren bir yasadır. Tablo 1'de; Türkiye'deki, AB'deki ve ABD'deki kişisel verileri koruma yasaları ana hatlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. KVKK, GDPR ve ABD’de uygulanan kişisel veri koruma kanunlarının karşılaştırması

	KVKK	GDPR	ABD (federal ve eyalet)
Yürürlüğe giriş	7 Nisan 2016	25 Mayıs 2018	1 Ocak 2020
Kapsam	Türk vatandaşlarının kişisel verisini işleyen Türkiye içindeki veya dışındaki tüm veri sorumluları.	AB vatandaşlarının kişisel verisini işleyen AB içindeki veya dışındaki tüm veri sorumluları.	Her sektör ayrı kanun ile düzenlenir. Sektörel düzenlemeler (HIPAA, GLBA,vb.), eyalet yasaları (CCPA/CPRA,vb).
Kişisel verinin tanımı	Benzer şekilde kimliği belirli/belirlenebilir gerçek kişiye ilişkin her türlü bilgi.	Kimliği belirli veya belirlenebilir her türlü bilgi.	Bir tüketiciyi doğrudan veya dolaylı olarak tanımlayan, ilişkilendirilen, tanımlanabilir kılan, makul ölçüde ilişkilendirilebilecek her türlü bilgi.
Hassas (özel) verinin tanımı	Sağlık, biyometrik, cinsel hayat, ırk, etnik köken, dini inanç, siyasi görüş vb.	Sağlık, biyometrik, cinsel hayat, ırk, etnik köken, dini inanç, siyasi görüş vb.	CPRA’ya göre; sosyal güvenlik, sağlık, finansal, biyometrik, cinsel yönelim, konum, etnik ve dini bilgiler.
Haklar	Erişim, düzeltme, silme, işlemeyi kısıtlama ve itiraz.	Erişim, düzeltme, silme, işlemeyi kısıtlama, veri taşınabilirliği ve itiraz	Erişim, düzeltme, silme, işlemeyi kısıtlama, veri taşınabilirliği ve itiraz.
Rıza/onay	Açık rıza şartı var, geri çekme sınırlı.	Açık, bilgilendirilmiş ve özgür rıza; geri çekme kolay.	Rıza/onay zorunlu değil. Tüketici bilgilendirme ve tüketici hakları önemli.
Sicil kaydı	VERBİS ile tutuluyor.	Tutulmuyor.	Tutulmuyor.
Veri ihlal bildirimi süresi	Açıkça belirlenmiş süre sınırı yok.	72 saat.	Eyalet kanunlarına göre değişmektedir. Örneğin Texas eyaleti için 60 gün.
Cezalar	2023 itibarıyla 1,5 milyon TL’ye kadar idari para cezası.	20 milyon € veya küresel cironun %4’ü (hangisi yüksekse).	Eyalet kanunları ve kişisel veri türüne göre değişmektedir. 1 takvim yılında maksimum 1,5 milyon \$ ceza uygulanabilir.

Farklı ülkelerde kişisel verileri korumak adına oluşturulan yasal düzenlemeler Tablo 1’de görüldüğü gibi birbirine benzemektedir. Bunun temel sebebi aslında bu kanunlar hazırlanırken yasa yapıcılarının birbirlerinden esinlenmiş olmasıdır. Ülkemiz, AB ve ABD dışındaki birçok gelişmiş ülke de bu konuda son yıllarda yasal düzenlemeleri hazırlamış ve hayata geçirmiştir. Örneğin 2018’de İngiltere’de UK Data Protection Act, aynı yıl Brezilya’da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), 2023’te Hindistan’da Digital Personal Data Protection Act (DPDP), 2011’de Güney Kore’de Personal Information Protection Act (PIPA) yürürlüğe giren kanunlardan bazılarıdır. Dünyada ilk kişisel verileri koruma kanunu çıkaran

ülkelerden biri olan Japonya’da Act on the Protection of Personal Information (APPI) yasası 2005 yılında yürürlüğe girmiştir ve 2017 yılında revize edilmiştir.

4. VAKALAR

Gerçek hayatta nasıl kanunlar tek başına suçları engellemek için yeterli değilse, dijital dünyada da kişisel verileri koruma kanunlarına rağmen veri ihlalleri gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Kanunlar veri ihlali tespit edilir edilmez ihlal edilen verinin miktarının, türünün ve alınan önlemlerin kamuoyuna açıklanmasını zorunlu tutar. Böylece kullanıcıların bireysel tedbirler alması sağlanır.

4.1. İhlal Vakaları

Yaşadığımız yüzyılda her yıl kayıtlara geçen binlerce veri ihlali vakası olsa da bunlardan bazıları bir anda milyonlarca kullanıcıyı etkilemesi ve yol açtığı büyük maddi zararlar ile ön plana çıkmaktadır. Çin gözetim veri tabanı sızıntısı olarak anılan, Mayıs 2025’de gerçekleşen sızıntı, tarihte bugüne kadar gerçekleşmiş tek seferdeki en büyük veri sızıntısı olarak kabul edilir. Çalınan verinin boyutu tahminen 631 gigabayt büyüklüğünde, toplam 10,9 milyar varlık içeren 1,7 milyar kayıttan oluşuyordu. Sızıntıda Çinli vatandaşların ad, soyad, adres, kimlik numarası, telefon numarası, kredi kartı numarası, doğum yeri ve tarihi, araç plaka numarası, araç ruhsatı bilgileri, e-posta adresi, iş yeri bilgileri, banka hesap hareketleri bilgileri de dahil olmak üzere birçok kişisel veri ele geçirildi (Johnson ve diğerleri, 2025). 2013 yılında Rusya kaynaklı olduğu tahmin edilen bir saldırıda ise 3 milyar Yahoo kullanıcısının isim, e-posta, telefon numarası, doğum tarihi ve şifreleri çalındı. Korsanlar elde ettikleri bilgilerle 500 milyondan fazla kullanıcı hesabına eriştiler (Morgan, 2024). Saldırının tespit edilmesi yaklaşık 3 yıl sürdü. Bir başka büyük veri sızıntısı ise Real Estate

Wealth Network sızıntısıdır. 1993 yılında kurulan New York merkezli Real Estate Wealth Network, çevrimiçi bir emlak eğitim platformudur. Platforma ait toplam 1,16 terabayt boyutunda olan ve 1,5 milyardan fazla kayıt içeren veri tabanı 2023 kasım ayında sızdırıldı. Sızdırılan veriler arasında gayrimenkul verileri, alıcı, satıcı ve yatırımcı bilgileri, mülk alım satım işlemleri bilgileri, iflas bilgileri, ipotek bilgileri gibi ticari ve kişisel veriler bulunmaktaydı (Kanamugire, 2024, s. 2). Kayıtlara geçen bir başka saldırı ise 2018 yılında gerçekleşti. Saldırganlar, dünyanın en büyük kimlik veri tabanı Aadhaar'a sızdı ve 1,1 milyardan fazla Hint vatandaşı hakkında isim, adres, fotoğraflar, telefon numarası ve e-posta bilgilerinin yanı sıra parmak izleri ve iris taramaları gibi biyometrik verileri çaldı. 2009 yılında Hindistan Benzersiz Kimlik Kurumu (UIDAI) tarafından kurulan veri tabanı, benzersiz 12 haneli numaralarla bağlantılı banka hesapları hakkında da bilgi tutuyordu (Leyden ve diğerleri, 2025). 2019 yılında ise Alibaba'nın alışveriş sitesi Taobao'daki bir satış ortağı için çalışan Hintli bir yazılım geliştirici, 8 ay boyunca tüm veritabanını tarayıp sızdırdı. Aralarında kullanıcı kimlik bilgileri, telefon numaraları, yapılan ürün yorumları bulunan 1,1 milyardan fazla kullanıcı bilgisi çalındı (Leyden ve diğerleri, 2025).

Ülkemizde de kayıtlara geçmiş çok sayıda veri sızıntısı bulunmaktadır. Örneğin, T.C. vatandaşlarının kişisel vatandaşlık verilerinin çevrimdışı olarak tutulduğu, T.C. kimlik numaralarının tahsis edildiği ve kamu işlemleri arasında köprü görevi yapan Merkezi Nüfus İdaresi Sistemi (MERNİS) adlı elektronik sisteme, kesin olarak doğrulanmamakla birlikte, 2016 yılında bir siber saldırı gerçekleştirildiği ve 50 milyon vatandaşın kişisel bilgilerinin sızdırıldığı iddia edilmektedir (Kara-Kaşka, 2022). Ancak KVKK tarafından veri ihlali gerçekleştiğine dair resmî bir kamuoyu aydınlatma açıklaması yapılmamıştır. Ülkemizde KVKK, ihbar edilen veya tespit edilen tüm veri sızıntılarını açıklamaktadır. Örneğin, KVKK'nun 23/12/2021

tarikh ve 2021/1324 sayılı karar özetinde açıklanan sızıntıda, yemeksepeti.com adlı yemek sipariş sitesinde kayıtlı yaklaşık 21 milyon kullanıcının isim, soy isim, telefon, e-posta, adres, şifrelenmiş parolalar ve ödeme bilgilerinin çalındığı ifade edilmiştir. 2021 yılında gerçekleşen bu sızıntı için şirkete 1,9 milyon TL idari para cezası uygulanmıştır. Bir başka büyük çaplı sızıntı ise 2 Eylül 2022 tarihinde KVKK resmî web sitesinde yapılan duyuru ve 01.09.2022 tarih ve 2022/891 sayılı kararda açıklanmıştır. Açıklamaya göre PTT Kargo sistemine Ağustos 2022’de yetkisiz erişim gerçekleşmiş, bu erişimde PTT çalışanlarının anne kızlık soyadı, cilt-seri numarası gibi hassas kişisel verilerini içeren 3,2 gigabayt veri tabanı yedeğinin ve sitenin tüm dosyalarının ele geçirildiği, ihlalden yaklaşık 38,000 kaydın etkilendiği açıklanmıştır. Bu sızıntı, çalınan kişisel verilerin hassasiyeti bakımından Türkiye’nin en büyük veri sızıntısı olarak kabul edilebilir. İspatlanmadığı için KVKK tarafından açıklanmamış olsa da ulusal basına düşen sızıntı haberleri de mevcuttur. Örneğin, Anadolu Ajansı’nın 16.11.2024 tarihli haberine göre sosyal medya platformu Twitch’e veri ihlali sebebiyle 2 milyon TL para cezası uygulandı ancak bu, KVKK web sitesinde henüz ilan edilmedi. Yaklaşık 125 GB’lık veri sızıntısı yaşandığı iddiaları üzerine re’sen inceleme başlatılan platforma bu ceza, veri sorumlusunun sistemdeki problemleri ortadan kaldıracak yapılandırmaları uygularken yeterli özeni göstermediği, ihlal meydana gelmeden önce alınması gereken güvenlik önlemlerini veri ihlali sonrası aldığı, risk ve tehditlerin belirlenmesinde yetersiz kalındığı ve ihlali bildirmediği gerekçesiyle uygulandı (Karakaş, 2024).

Veri sızıntılarının birçoğu ne yazık ki üzerinden uzun zaman geçtikten sonra ortaya çıkmaktadır. Bir kısmı ise ya hiç tespit edilemez ya da sızıntı miktarı az olduğu için veya sızan veri önemsiz olduğu için ihmal edilir. Kişisel veri elde edildikten sonra artık kullanıcının mahrem verisi olmaktan zaten çıkmıştır.

Kişisel veriler, ortaya çıkan skandallarda olduğu gibi her zaman topluca satılmaz, bazen veri pazarlarında paketler halinde satılır veya ücretsiz erişime açılır. Bu pazar yerleri karanlık ağ sızıntı siteleridir. Bu siteler, Google gibi arama motorları tarafından indekslenmediği için özel yazılımlarla erişilebilen sitelerdir. Kurum ve kuruluşların siber güvenlik uzmanları da kendi yönettikleri kişisel verilerin güvenliği için bu veri pazarlarını düzenli olarak kontrol etmek zorundadırlar. Sızıntılar da aslında bu pazarların takip edilmesi ile tespit edilebilmektedir. Örneğin 2021’de karanlık ağda Tomliner adlı bir veri satıcısı, yaklaşık 700 milyon LinkedIn kaydını satışa çıkardı. Bu kayıtlar isim, e-posta, cv gibi birçok kişisel bilgiyi içeriyordu (Share, 2021). Bir başka örnek, 2022 yılında mobil iletişim firması T-Mobile’ın maruz kaldığı veri ihlalidir. Twitter’da @und0xxed adlı hesabın bazı T-Mobile kullanıcı verilerini ifşa etmesi ve bir karanlık ağ pazarında 100 milyondan fazla T-Mobile kullanıcısının verilerinin satıldığını iddia etmesi ile ortaya çıkan ihlalde T-Mobile müşterilerinin adı, doğum tarihi, sosyal güvenlik numarası, ehliyet bilgileri, pin/şifre bilgileri, adres ve telefon numarası gibi birçok verinin sızdırıldığı ortaya çıktı (Krebs, 2021). Bu tür veriler hâlen bu pazarlarda aktif olarak satılmaktadır. Karanlık ağdaki pazar siteleri zaman zaman tespit edilip kapatılmaya çalışılsa da bunlara sürekli yenileri eklenmektedir. Joker’s Stash ve Genesis, kapatılan veri pazar sitelerinin en ünlüleridir. Pazarlarda satılan verilerin tıpkı gerçek dünya pazarlarında olduğu gibi tazeliği önemlidir. Dinamik dünyada sürekli değişen veriler eskidiğinde değersiz hâle gelmektedir.

4.2.Mahremiyet Skandalları

Sıradan bir vatandaşın veri sızıntısı ile elde edilmiş kişisel bilgileri önemsiz görülebilir. Ancak sızan veriler arasında bir siyasetçi, bilim adamı, sanatçı veya sporcu gibi kamuoyu tarafından tanınan kişilerin kişisel bilgileri de olabilir. Korsanlar elde ettikleri kişisel bilgilerle önemli kişilerin Google, iCloud,

Microsoft gibi hesaplarına erişim sağlayarak mahrem bilgilerine ulaşabilir. Bu bilgiler kişisel fotoğraf, video ve yazışmalar olabilir. Bunun en büyük örneği 2014 yılında gerçekleşen ünlülerin çıplak fotoğraf sızıntısı (celebrity nude photo leak) adlı skandaldır. 31 Ağustos 2014'te, anonim bir kullanıcı, kadın ünlülerin dijital fotoğraflarından oluşan geniş bir arşivi, fotoğraf paylaşım sitesi 4Chan'a yükledi. Fotoğraflar çoğunlukla, Hollywood'un en çok kazanan aktrisi Jennifer Lawrence da dahil olmak üzere dünyanın en ünlü kadınlarından bazılarının dijital kameralarla çekilmiş özçekimleri, otoportreleriydi. Yatak odası ve banyo gibi mahrem ortamlarda çekilmiş fotoğrafların bazılarında ünlü kadınların erkek arkadaşı veya kocası da vardı. Fotoğrafların çoğunda ünlü kadınlar tamamen ya da yarı çıplaktı (Marwick, 2017, s. 177). Skandal, kamuoyu tarafından "The Fappening" veya "Celebgate" olarak adlandırıldı. Görüntülerin Apple marka telefonlarla çekilmiş ve depolanmış olmasından dolayı Apple'ın bulut hizmetleri paketi iCloud'un bir ihlali olduğu tahmin edildi ancak Apple, bir basın açıklamasında, erişimin hedefli kimlik avı saldırılarıyla sağlandığını iddia etti (Landi, 2014). Saldırıdan sonra çok sayıda soruşturma başlatıldı, birçok bilgisayar korsanı yakalandı ve bilgisayarlara el konuldu. Ancak bugüne dek saldırının kimler tarafından nasıl gerçekleştiği ile ilgili kesin bir açıklama yapılamadı. Bu skandal özellikle ünlülerin mahrem görüntülerin hedef alınması ile küresel ölçekte bilinen en büyük dijital mahremiyet skandalı olarak adlandırılabilir.

2014 yılında ortaya çıkan bir başka skandal, Snapchat adlı sosyal medya uygulaması üzerinden kullanıcıların birbirine gönderdiği fotoğrafların çalınmasıydı. Snapchat kullanıcılarının yarıdan fazlası 13-17 yaş arasında (Sanghani, 2014), yâni çocuk yaştadır. Uygulamayı özellikle bu yaştaki çocuklar, birbirlerine cinsel içerikli fotoğraflarını göndermek için sıkça kullanmaktadırlar. Snapchat'in bildirdiğine göre kişiler arasında

anlık gönderiler depolanmamakta, 10 saniye sonra silinmekteydi. Ancak muhtemel üçüncü parti uygulamaların araya girmesiyle uzun süre tüm gönderiler çalınarak arşivlenmişti (Perry, 2014). 200,000 civarında fotoğrafın çeşitli internet sitelerinde servis edilmesiyle ortaya çıkan skandal, fotoğraflardaki kişilerin yaşları bilinmese de çocuk pornografisi yasalarını ihlal ediyordu (Martin, 2014). Yapılan araştırmalar sonucunda, kısa sürede silinen gönderileri cihazlarında kalıcı olarak depolamaya yarayan, kullanıcıların kendilerinin yükledikleri SnapSaved uygulamasının verileri sızdırdığı ortaya çıktı. Uygulama AppStore ve Google Play Store'dan kaldırıldı. Federal Ticaret Komisyonu, fotoğraflarının gönderildikten sonra kalıcı olarak silindiğinin ispat edilmesi için önümüzdeki 20 yıl boyunca Snapchat'i izleyeceklerini açıkladı.

Kişilerin kendi rızasıyla çekmediği mahrem görüntüleri de zaman zaman mahremiyet skandallarına konu olabiliyor. Pennsylvania'da Şubat 2023'teki bir sağlık hizmeti veri ihlaliinden kaynaklanan bir toplu dava, veri güvenliğinin ne kadar önemli olduğunun bir başka kanıtıdır. Bilgisayar korsanları tarafından bel üstü çıplak fotoğraflarının servis edilmesi ile tehdit edilen ve fidye istenen iki kadın, korsanlardan davacı oldu. Fotoğraflar kadınların meme kanseri tedavisi sırasında depolanmıştı. Fotoğrafların yanında korsanların ellerinde kadınların fiziksel adres, e-posta, doğum tarihi, sosyal güvenlik numarası, sağlık sigortası sağlayıcısı, tıbbi teşhis ve tedavi bilgileri ve laboratuvar sonuçları gibi çok sayıda bilgi bulunmaktaydı. Davanın devamında korsanların elinde toplam 75,000 hastanın bilgilerinin bulunduğu tespit edildi (McCormack, 2023).

Sağlık ve fiziksel aktivite izleme amacıyla kurulan bazı uygulamaların da adı mahremiyet skandallarına karışmıştır. Oysa ki sağlık uygulamaları yapılan bazı çalışmalarda kullanıcılar tarafından oldukça güvenilir olarak kabul edilmektedir (Sohail, 2023). Özellikle ABD'de sağlık verilerinin HIPAA kapsamında

korunduğunu varsayılır. Ancak birçok durumda, uygulama üreticilerinin kullanıcılarının sağlık verilerini satması tamamen yasaldır. Birçok uygulama, kullanıcının sağlık verilerini nabız, oksijen sensörü gibi hassas sensörleri içeren giyilebilir cihazlarla toplar. Ayrıca insanlar kendi istekleri ile bu uygulamalarla ruh sağlığı, nasıl hissettiği gibi bilgileri de düzenli olarak paylaşmaktalar. Örneğin, birçok kadın menstrüasyon döngülerini haritalamak için çeşitli uygulamalar kullanmakta. Uygulamalar insan sağlığı için oldukça yararlı gibi görünse de paylaşılan hassas verilerin güvenliği önemli bir konudur. Uygulamanın hüküm ve koşullarında belirterek uygulama geliştiriciler bu verileri üçüncü taraflarla paylaşabilir. Eğer kullanıcı hükümleri kabul etmiyorsa uygulamayı kullanamaz. Mozilla Vakfı tarafından Kasım 2024'te yazılan bir raporda, kullanıcıların hastaneler veya kürtaj klinikleri gibi noktaları ziyaret ettiğine dair konum bilgilerinin Google gibi şirketler tarafından saklandığı belirtildi (Keserü, 2024). Duke Üniversitesi tarafından yapılan bir başka çalışma ise veri brokerlerinin bireylerin ruh sağlığı koşulları hakkında hassas verileri sattığını ortaya koydu. Rapora göre, birçok uygulama kişisel tanımlayıcı verileri silerken, bazıları zihinsel sağlık yardımı isteyen bireylerin adlarını ve adreslerini bile pazarladı (Kim, 2023). Doğurganlık takibi uygulaması Premom'ın, 2023 yılında hassas kişisel bilgileri reklam verenlere sattığı ifşa edildi. Benzer şekilde menstrüasyon dönemi izleme uygulaması Flo'nun, kadınların gebelikleri hakkında verileri sattığı ortaya çıktı (Joseph, 2024). Görünüşte kadınları desteklemek amacıyla ortaya çıkan bu uygulamalar birer veri hırsızına dönüşmüştü. Dijital reklamcılığın en büyük avantajı hedef kullanıcı hakkında bilgi sahibi olmasıdır. Kullanıcı ne kadar iyi tanınırsa, reklam o kadar isabetli seçilir. Özellikle hamile bir kadın, bebek bekleyen bir ebeveyn, kronik hastalığa sahip bir kişi reklam veren için iyi bir hedeftir. Privacy International tarafından yapılan bir araştırma, hamile bir kadının verilerinin, sıradan bir kişinin verilerinin değerine göre reklam

verenler açısından 15 kat daha değerli olduğunu ortaya koymuştur. Aynı araştırma, 36 farklı sağlık uygulamasının ağ trafiğini analiz ederek gönderilen tüm istek paketlerin içeriğini incelemiş ve toplanan verilerin %61'inin Facebook'a aktarıldığını göstermiştir (PI, 2019). Öyle ki, uygulamayı kullanan kişinin Facebook hesabı olmasa bile veriler Facebook'a iletiliyordu. Örneğin, çalışmada incelenen Plackal Tech uygulama geliştiricisinin “Maya” uygulaması, kullanıcıdan nasıl hissettiğinden uyguladığı doğum kontrol yöntemine kadar birçok bilgiyi istiyor ve bunları doğrudan Facebook ile paylaşıyordu. Ayrıca uygulamada semptomlar kısmına girilen ağrı, bulantı gibi bilgilerin de wzrkt.com adlı bir sunucu ile paylaşıldığı görülmüştür. Privacy International tarafından sunulan bir başka raporda sağlık uygulamalarının kişisel bilgileri üçüncü taraflar üzerinden sigorta firmalarına sattığı da gösterilmiştir (PI., 2023). Sigorta firmaları kişiye özel sigorta primi hesaplamak için bu verileri kullanabilmektedir.

5. TOPLUM MANİPÜLASYONU

Elde edilen kişisel veriler, toplumun karakterize edilmesi, profili çıkarılan bireylerin siyasi eğilimlerinin tespit edilip değiştirilmeye çalışılması gibi amaçlarla da kullanılabilir. Bunun en iyi örneği Facebook-Cambridge Analytica veri skandalıdır. 2013 yılında kurulmuş bir İngiliz siyasi danışmanlık ve veri analitiği firması olan Cambridge Analytica, seçmen davranışlarını inceleyen ve etkilemeye çalışan bir kuruluştur ve 2016 yılındaki ABD seçimleri, İngiltere'nin AB'den çıkış referandumu gibi birçok seçimde aktif rol almıştır. 2013 yılında bir Cambridge profesörü, bilimsel bir çalışmada kullanmak üzere kişilik analizi için bir Facebook anketi geliştirmiştir. O dönemde Facebook tarafından açıklanan hizmet şartlarında, geliştiricinin araştırma amacıyla kullanıcı verilerini toplamasına izin verildiği

belirtiliyordu, ancak geliştiricinin, kullanıcının arkadaşlarının verilerini de toplamasına izin verilip verilmediği açıkça belirtilmiyordu. Profesörün geliştirdiği ankete katılmak için Facebook bilgileri ile giriş yapmak ve uygulamanın kullanıcı verilerine erişmesine izin vermek gerekiyordu ve giriş yapar yapmaz kullanıcının kendi bilgilerinin yanında arkadaşlarının bilgileri de anket uygulaması tarafından toplanıyordu. Toplanan veriler arasında kullanıcıların adları, cinsiyetleri, konumları, etnik kökenleri, eğitim düzeyleri, beğendikleri sayfalar, giydikleri kıyafet markaları vb. yer alıyordu. Profesör iddialara göre yaklaşık 75 milyon kullanıcıya ait veri topladı ve verileri Cambridge Analytica'ya sattı (Kanakia ve diğerleri, 2019, s. 2). Veriler kişiler hakkında sanal profiller oluşturabilecek, siyasi yönlendirme yapabilecek kadar detaylıydı ve kişilerin anlık konum bilgilerini bile içermekteydi. 2018 yılında The Guardian haberiyle skandal ortaya çıktı ve Facebook özür dilemek ve politikalarını değiştirmek durumunda kaldı (Emma & Cadwalladr, 2018).

6. ÖNLEMLER

Hızla gelişen dijital teknoloji, mahremiyet kavramının kuşaklar arasında farklı algılanmasına neden olmaktadır. Sessiz kuşak olarak adlandırılan ve hayata dijital teknolojiden uzak başlamış olan 1960'lerden önce doğanlar için mahremiyet genellikle fiziksel mekân ile sınırlıydı. 1980'lere kadar doğan X kuşağı ise teknoloji ile tanışmış ve kişisel verilerin güvenliği konusunda fikir sahibi olmuştur. 2012 yılına kadar doğan ve Z kuşağı olarak adlandırılan nesil ise dijital dünya ile birlikte büyümüş (Güzel, 2023, s. 1991), Snapchat, Instagram gibi sosyal medya araçlarını henüz küçük yaşta kullanmaya başlamış ve kontrollü mahremiyet anlayışını benimsemiştir. 2013 ve sonrası doğan ve hâlen çocuk yaşta sayılan Alfa kuşağı için mahremiyet

kavramının nasıl olacağının gelecekteki teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkacağı aşikârdır. Eski kuşaklar için mahremiyet yalnızca fiziksel bir algı iken yeni kuşaklar için dijital görünürlük kavramı öne çıkmıştır. Dijital mahremiyetin sağlanması için alınacak önlemler kuşak fark etmeksizin aynıdır. Önlemler hem kullanıcı hem de dijital servisi sunan geliştirici tarafından alınmalıdır. Dijital dünyada her iki tarafın da birbirine güvenmemesi esastır.

Dijital teknolojilerin kullanım düzeyleri kullanıcıların kuşak farkları ile doğrudan ilişkilidir. Her kuşak kendinden sonraki kuşakla gelen teknolojiye biraz daha yabancıdır (Güzel, 2023, s. 1992). Hangi kuşağın mensubu ya da hangi dijital teknolojiyi kullanırsa kullansın, kullanıcının o teknolojiyi kullanırken sahip olduğu bilinç düzeyi, teknolojinin kendisi ve topluma etkilerinin ne derece farkında olduğuna dijital farkındalık denir. Dijital farkındalığı yüksek bir kullanıcı, kullandığı teknolojideki güvenliği, bıraktığı ayak izi ve olası sonuçları hakkında fikir sahibidir ve buna göre hareket eder. Dijital farkındalığı yüksek bir kullanıcı dijital dünyada; mahremiyet ve kişisel veri güvenliği, uygulama güvenliği, dijital ayak izi, etik, sağlık ve telif hakları hususlarına dikkat eder. Mahremiyet ve kişisel veri güvenliği açısından, kişisel bilgilerin paylaşıldığı her platform, uygulama ve web sitesine şüpheyle yaklaşılmalıdır. Hiçbir uygulama %100 güvenilir değildir, bu yüzden başka birinin görmemesi, duymaması gereken bir veri çevrimiçi ortamda paylaşılmamalıdır. Ancak kullanıcıların verilerini isteyerek paylaşmadıkları durumlarda mümkündür. Örneğin bir mobil oyun, kullanıcının fotoğraflarına veya mesajlarına erişim izni istiyorsa kullanıcı buna izin vermemelidir. Uygulama güvenliğini sağlamak için unutulmamalıdır ki hiçbir parola kırılmaz değildir. Uygulamalara giriş için kullanılabilecek maksimum güvenli yöntemler seçilmelidir. Örneğin günümüzde yaygın kullanılan Çok Faktörlü Doğrulama (Multi Factor Authentication-MFA) yöntemleri iyi bir çözümdür.

MFA ile bir sisteme giriş için kullanıcı adı, parola, cihaz kimliği bilgisinin yanı sıra kısa mesaj (SMS) şifresi gibi ek önlemler kullanılabilir. Ancak bazı mobil uygulamalar SMS'lere bile erişim izni istediği için MFA bile yetersiz kalabilmektedir. Dijital farkındalığı olan birey, girdiği her sitede, tıkladığı her linkte, yaptığı her aramada bir dijital ayak izi bıraktığının farkındadır. Öyle ki, Instagram gibi uygulamalar hangi videonun kaç saniye izlendiğini bile dijital ayak izi olarak kaydeder. Yapılan bazı çalışmalar, telefondaki bir uygulamayı kullanırken ekranın hangi noktasına bakıldığının ön kameradan izlenip raporlanarak reklam verenler için veri olarak satılabileceğini göstermektedir (Jones, 2024). Dijital dünyada ayak izi bırakmamak pek mümkün değildir ve yapılan her işin kayıt altında olduğu unutulmamalıdır. Dijital dünyanın gerçek dünyaya kıyasla çok büyük özgürlükler ve hareket serbestliği getirdiği aşikârdır. Kişiler gerçek hayatta yanına bile yaklaşamayacakları kişilerle iletişim kurabilmekte veya o kişiler hakkında paylaşımlar yapabilmektedir. Başkaları hakkında üretilen nefret ve hakaret içerikleri, sonradan silinse bile dijital ayak izi olarak kalacaktır. Türk Ceza Kanunu 125.maddesi gereğince dijital dünyada yapılan bu tarz paylaşımlar eğer herkese açıksa alenen hakaret kapsamına girer ve 3 aydan 2 yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılır. Ayrıca hiçbir dijital platformda başkasına ait bir eser paylaşılmamalıdır. Dijital dünyanın getirdiği kolaylıklardan biri olan kopyala-yapıştır ve ilet fonksiyonları ile günlerce çalışarak üretilmiş bir dijital eser, sahibinden izinsiz, 1 saniyeden kısa sürede çoğaltılabilmekte ve paylaşılabilmektedir. Ancak bu, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'na aykırı bir durumdur ve bununla ilgili çok sayıda dava açılmıştır. Örneğin kişisel/blog web sitelerinde karikatürlerini izinsiz paylaştıkları için Penguen dergisi yazarları tarafından birçok internet kullanıcısına eş zamanlı telif davası açılmıştır (Çelik, 2020). Sağlık açısından bakıldığında, dijital dünyada gereğinden fazla zaman geçirmek kişinin hem mental hem de bedensel sağlığı için oldukça risklidir. Ayrıca çocuk

gelişimi için ciddi olumsuz etkileri olduğu ispatlanmıştır (Mustafaoğlu ve diğerleri, 2018, s. 20).

Veri güvenliği için uygulamayı kullananlardan daha fazla uygulama geliştiricilerin sorumluluğu vardır. Geliştiricilerin; uygulamayı geliştirme aşamasında, kullanıcı uygulamayı kurarken, uygulamada oturum açarken, uygulamayı kullanırken, bilgi talep ederken önlemler alması gerektiği gibi bu önlemlerin ilgili ülkenin yasal mevzuatlarına da uygun olması gerekir. Uygulama geliştirme aşamasında Open Web Application Security Project (OWASP) gibi organizasyonların sunduğu çevrimiçi güvenlik prosedürleri dikkate alınmalıdır. Sızma testleri, zafiyet taramaları ve kod incelemeleri uygulanmalı, kütüphaneler sürekli güncel tutulmalıdır. Uygulamanın kurulum aşamasında mevzuata uygun açık rıza metni ve kullanıcı sözleşmesi sunulmalıdır. Uygulamanın talep ettiği tüm erişim izinleri ve toplayacağı veri açıkça kullanıcıya beyan edilmelidir. Anlaşmazlık durumunda her iki tarafın başvurabileceği yasal yollar açıklanmalıdır. Kullanıcıların çoğunun hukuki terimleri okumaktan çekindiği için bu açıklamalar sade ve anlaşılır bir dille yapılmalıdır. Kullanıcıların uygulamada oturum açarken kullanacakları güvenlik yöntemi mümkün mertebe karmaşık olmalıdır. Karmaşık parola kullanımı, MFA gibi güvenlik seçenekleri dayatılmalı, düzenli aralıklara parola değişimleri yaptırılmalı ve oturumlara süre sınırı konulmalıdır. Bir kullanıcının birden fazla hesap açması engellenmelidir. Türkiye’de sahibinden.com gibi bazı uygulamalar, telefon numarası doğrulamasını yaparak bir kişinin birden fazla hesap açabilmesini engellemektedirler. Kullanıcı uygulamayı kullanırken sağlanan veri, asgari veri ilkesine uygun biçimde toplanmalıdır. Asgari veri ilkesi GDPR gibi birçok tüzükte yer alır ve sadece gerekli olan az miktarda kişisel veriyi toplamak, depolamak ve paylaşmak anlamına gelir. Örneğin bir e-ticaret sitesi kullanıcının ad, adres, telefon verilerini kargo firması ile

paylaşmak zorundadır ve bunu kullanıcı sözleşmesinde beyan eder. Ancak bu verileri kullanıcıya bilgi vermeksizin bir sigorta firması ile paylaşıyorsa bu KVKK'ye göre suç teşkil eder.

Uygulama geliştiriciler her ne kadar sözleşmeler ile sorumluluğu kullanıcıya yüklüyor gibi görünseler de kullanıcı davranışları karşısında yasal sorumluluklara sahiptirler. Örneğin, sosyal medya uygulamaları için büyük risklerden biri de kullanıcıların yaptığı uygunsuz paylaşımlardır. Öyle ki, bilgisayardaki bir casus yazılımın kullanıcının bilgisi olmadan paylaşım yapması bile mümkündür. Uygulamalar; müstehcenlik, yasa dışı söylem ve görseller, şiddet içeren veya gereksiz (spam) paylaşımları tespit etmek için otomatik tespit yöntemleri ve insan kaynağını kullanılır. Otomatik tespit yönteminde yapay zekâ algoritmaları kullanılır. Bu algoritmalar metinleri, görselleri, sesleri analiz ederek içeriğinde şiddet, uyuşturucu, cinsellik ve telif ihlali olanları tespit etmeye çalışır. Youtube'un ContentID algoritması, paylaşımın içeriğinde telif hakkı ihlali barındıran görsel ve seslerin tespit edilmesi için gelişmiş algoritmalara bir örnektir. Daha önceden yasa dışı olarak raporlanmış metin, görsel ve sesler otomatik tespit algoritmalarının veri kaynağıdır. Bu algoritmalar sürekli olarak yapılan benzer paylaşımları yakalayarak spam tespiti de yapabilir. Genellikle bunun için doğal dil işleme (NLP) ve davranış analizi algoritmaları kullanılır. Anahtar kelime tespiti de otomatik tespit için basit ama etkili bir yöntemdir. Bu yöntem ile içeriğinde önceden belirlenmiş yasaklı kelimeler bulunan paylaşımlar silinebilir. Link filtreleme ile de yasadışı sitelere verilen bağlantılar engellenir. Ancak bazı yasa dışı paylaşımlar bu algoritmalar tarafından tespit edilemeyebilir. Bu durumda içerikler moderatolar, yâni insan kaynağı tarafından tespit edilebilir. Ayrıca uygulamalardaki “bildir”, “şikâyet et” gibi etkileşim özellikleri ile de yasa dışı içerikler kullanıcılardan gelen geribildirimler ile tespit edilebilir.

7. MAHREMİYETİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Yaşadığımız yüzyılın en büyük teknolojilerinden biri olan yapay zekâ hayatın her alanına nüfuz etmiş durumdadır. Başta Çin olmak üzere bazı ülkeler vatandaşlarını yapay zekâ destekli gözetim teknolojileri ile kontrol altına almaya çalışmaktadır. Hastalık teşhisi, eğitim danışmanlığı, kredibilite analizi gibi konulardaki isabetli tespitleri ile sağlık, eğitim, finans gibi birçok alanda yapay zekâ insandan daha fazla karar verici otorite durumuna gelmiştir. Ancak topladığı muazzam bilgi ile bu teknolojinin kişisel mahremiyet üzerindeki etkileri ile tartışma konusudur. Mahremiyetin sürdürülebilmesi için yapay zekânın topladığı verinin sınırlandırılması, toplanan verinin tümünün açıkça kullanıcı ile paylaşılması, hukuki düzenlemelerin sıkı biçimde uygulanması ve güncellenmesi gerekmektedir. Çok açıktır ki yapay zekâ teknolojisi, insan eliyle yazılan hukuk mevzuatlarından daha hızlı ve otomatik olarak güncellenmektedir.

8. SONUÇ

Günümüzde mahremiyet kavramı eski kuşaklardakine kıyasla çok daha karmaşık hâle gelmiştir. Eskiden işten eve gelince ortadan kalkan mahremiyet kaygıları bugün eve girince daha da artmaktadır. Kullanıcıların sosyal medya, mobil uygulamalar, web siteleri gibi çevrimiçi ortamlarda bilerek veya bilmeyerek paylaştıkları kişisel verilerinin güvenliği ile ilgili hususlar dijital mahremiyet kavramını doğurmuştur. Verinin hem kullanıcının izni olmadan üçüncü taraflara satılması hem de art niyetli saldırganlar tarafından çalınıp ifşa edilmesi dijital dünyaya olan güveni zedelemektedir. Kurulmaya başlanan akıllı şehirler, yüz tanıma cihazları, giyilebilir teknolojiler, dijital mahremiyet sınırlarını oldukça daraltmıştır. Gelecekte kullanıcıların yaşadığı mahremiyet problemleri arttıkça bu konudaki toplumsal bilinç de

artacaktır. Gelecekte ortaya çıkacak yeni sosyal medya araçları ve yeni veri sızıntısı skandalları, toplumun dijital mahremiyet algısının şekillenmesinde rol oynayacağı aşikârdır. Bazı kullanıcılar mahremiyeti bir pazarlık konusuna dönüştürüp, bile isteye para karşılığı daha fazla veri ve mahrem bilgiyi paylaşırken bazıları ise verilerini hiç paylaşmadıkları dijital platformların gelişmesine önayak olabilirler. Bu konuda gerçek dünyadaki kültür farklılıklarının az da olsa etkisi kaçınılmaz olacaktır çünkü gerçek hayatta mahremiyet kavramı toplumdan topluma büyük değişiklikler göstermektedir. En kötü senaryo ise tüm toplumların dijital servis ve hizmetleri kullanabilmek için tümüyle mahremiyet anlayışından vazgeçmeleridir. Ancak bu senaryonun gerçekleşmesi için tam bir dijital gözetim şarttır. Gözetimi insanlara kabul ettirmek için insanları, gözetim sayesinde suçun tamamen önleneyeceği ve toplumsal ve kişisel güvenliğin sağlanacağına inandırmak, kamu hizmetlerinin kolaylaşacağına ikna etmek gerekecektir. Bu senaryoda veri tamamen bir güç ve kontrol aracına dönüşecek ve tıpkı George Orwell'in 1984 ve Aldous Huxley'in Cesur Yeni Dünya romanlarındaki gibi distopik bir dünya ortaya çıkacaktır.

KAYNAKÇA

- Aydın, G., & Karamahmet, B. (2017). A comparative study on attitudes towards SMS advertising and mobile application advertising. *International Journal of Mobile Communications*, 15(5), 514-536.
- Başlar, G. (2013). Yeni medyanın gelişimi ve dijitalleşen kapitalizm. *Akademik Bilişim*, 1(1), 823-831.
- Corry, F. (2022). Why does a platform die? Diagnosing platform death at Friendster's end. *Internet Histories*, 6(1), 31-47.
- Costa, L., Kucinskaite, E., & Ruzgas, V. (2023, 12 18). *Which apps collect the most data?* SurfShark: https://surfshark.com/research/study/app-privacy-checker?srsId=AfmBOoqVZegGourFhUBqwOqWzvy5wT_8M5qfjgiIP8m0Tvz7c9BYU4hB adresinden alındı
- Çelik, E. (2020, 12 19). *Karikatür savaşları! Olayın tarafları Hürriyet'e konuştu.* hurriyet.com.tr: <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/karikatur-savaslari-41692793> adresinden alındı
- Develioğlu, F. (1990). *Osmanlıca-Türkçe Ansiklopedik Lügat*. Aydın Kitapevi.
- Diler, R. (2014). Mahremiyet eğitimi ve önemi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 69-98.
- Diyanet İşleri Başkanlığı. (2017). *Dini Kavramlar Sözlüğü*. Diyanet İşleri Başkanlığı.
- Dredge, S. (2013, 9 3). *Yes, those free health apps are sharing your data with other companies.* www.theguardian.com: <https://www.theguardian.com/technology/appsblog/2013/sep/03/fitness-health-apps-sharing-data-insurance> adresinden alındı

- Emma, G., & Cadwalladr, C. (2018, 3 17). *Revealed: 50 million Facebook profiles harvested for Cambridge Analytica in major data breach*. The Guardian: <https://www.theguardian.com/news/2018/mar/17/cambridge-analytica-facebook-influence-us-election> adresinden alındı
- Gerlitz, C., & Helmond, A. (2013). The like economy: Social buttons and the data-intensive web. *New media & society*, 15(8), 1348-1365.
- Gifford, R. (2013). *Environmental Psychology: Principles and Practice*. Optimal Books.
- Güzel, M. (2023, 10). X ve Y kuşaklarının çocukları: Z ve Alfa kuşakları. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 10(98), 1990-2001.
- Johnson, A., Cardona, K., & Dausion, M. (2025, 6 18). *What's Inside the Massive Chinese Data Leak*. spycloud.com: <https://spycloud.com/blog/inside-the-chinese-data-leak/> adresinden alındı

ALGORİTMİK YÖNETİM, ADALET VE ŞEFFAFLIK: EU AI ACT SONRASI İŞYERİNDE YENİ PARADİGMA

Saliha EMRE DEVECİ¹

1. GİRİŞ

Dijital platform ekonomisi ile ortaya çıkan Algoritmalar Uber, Deliveroo veya Amazon Mechanical Turk gibi platformlarda, çalışanların işlerini nasıl, ne zaman ve hangi koşullarda yapacaklarını belirleyen bir “görünmez yönetici” rolünü üstlenmektedir (Rosenblat & Stark, 2016; Kellogg, Valentine, & Christin, 2020). Taylor, yönetimde alınan kararların ilk olarak belirlenmiş kurallara, yasalara ve formüllere dayalı olması gerektiğini belirtmiştir.. Yapay zekâ alanındaki gelişmeler ve verilerin giderek artan erişilebilirliği, kuruluşların bu tür algoritmik yönetim araçlarını kullanmasını mümkün kılmaktadır (Rosenblat ve Stark, 2016). Bu tür platformlarda algoritmalar, işgücü ile müşteri arasında aracılık yaparken aynı zamanda performansı ölçmekte, iş dağıtımını düzenlemekte ve ücretlendirme sistemlerini kontrol etmektedir. Ancak bu durum, çalışan özerkliği, adalet algısı ve işyerinde şeffaflık açısından tartışmalı sonuçlar doğurmaktadır (Wood, Graham, Lehdonvirta, & Hjorth, 2019).

Dijitalleşme, büyük veri ve yapay zekâ (YZ) uygulamaları ile algoritmik yönetim aracılığıyla günümüz iş dünyasında yalnızca operasyonel süreçleri dönüştürmekle kalmamış, aynı zamanda yönetim anlayışlarını da köklü biçimde

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi SBMYO, salihaemre@gantep.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8881-0355.

değiştirmiştir (Mateescu & Nguyen, 2019). Yapay zeka alanındaki gelişmeler sayesinde firmalar, çok çeşitli yönetim görevlerinde (örneğin, çalışanların performansının değerlendirilmesi) giderek daha fazla algoritma kullanmaktadır (Granulo, Caprioli, Fuchs, & Puntoni, 2024). Özellikle algoritmalar aracılığıyla gerçekleştirilen karar alma süreçleri, “algoritmik yönetim” (algorithmic management) kavramını literatürün merkezine taşımıştır. Algoritmik yönetim, iş planlaması, görev dağılımı, performans değerlendirme ve hatta işe alım ya da işten çıkarma gibi temel yönetim işlevlerinin algoritmalar tarafından yürütülmesini ifade etmektedir (Lee, Kusbit, Metsky, & Dabbish, 2015).

Algoritmalar, organizasyonların örgütlenme şekillerini yeniden yapılandırmıştır. Hızlı bir şekilde gelişen şirketler, işgörenlerini ve taşeronları denetlemek için algoritmik yönetim oluşturarak, Bilimsel Yönetim 2.0'ı ortaya çıkarmıştır. Eski bilgi sistemleri sayısal veriler ve çıktılar için eşi benzeri görülmemiş bir şeffaflık yaratırken, yeni akıllı algoritmalar bu bilgisayar destekli şeffaflığı bilgi, dikkat dağılımı ve çalışanların duygularına da genişletiyor. Önümüzdeki on yıllarda giderek artan bir "yönetimin dijitalleşmesi" yaşanacak. Yönetim artık bir insan işi değil, teknolojiyle ilgili süreçtir. Sonuç olarak, kurumsal öğrenme giderek daha fazla BT odaklı süreçlerde somutlaşacaktır. Bilgi sistemlerinin organizasyon için giderek artan merkezi konumu göz önüne alındığında, organizasyonel araştırmaların yapay zekanın organizasyonel tasarımın diğer yönleriyle ne zaman ve nasıl birleştiğini veya onlardan nasıl ayrıldığını incelemesi gerekir. Algoritmik yönetimin etkileri yalnızca platform temelli işlerle sınırlı değildir. Geleneksel sektörlerde de algoritmalar; vardiya planlaması, lojistik yönetimi, müşteri hizmetleri, insan kaynakları süreçleri ve üretim hattı optimizasyonu gibi alanlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Gal, Jensen, & Steinmetz, 2020). Bu durum, yönetim işlevlerinin

insan merkezli olmaktan çıkarak kısmen otomatikleştiği ve işyerinde yeni bir “dijital gözetim” düzeninin ortaya çıktığı anlamına gelmektedir (Mateescu & Nguyen, 2019).

Bu gelişmelerin yarattığı sorular özellikle adalet ve şeffaflık boyutlarında yoğunlaşmaktadır: Çalışanlar algoritmaların adil olduğuna nasıl güvenebilir? Algoritmaların önyargısız çalıştığı nasıl garanti edilebilir? Çalışanların algoritmik kararlara itiraz hakkı nasıl düzenlenebilir? Bu süreç, Avrupa Birliği’nin 2024 senesinde onayladığı Artificial Intelligence Act (AI Act) ile yeni bir hal almıştır. AI Act, yüksek riskli yapay zekâ uygulamalarına yönelik düzenlemeleriyle algoritmik yönetim alanında şeffaflık, hesap verebilirlik ve insan haklarını koruma konularına vurgu yapmaktadır (European Parliament, 2024; Hacker, Engel, Mauer, & Petkova, 2022).

Yönetimsel faaliyetlerini yerine getiren yazılım algoritmalarına ve algoritmaları destek olan kurumsal cihazlara algoritmik yönetim denilmektedir. Algoritmik yönetim, şirketlerin çok sayıda çalışanı büyük ölçekte optimize edilmiş bir şekilde denetlemesine olanak tanır, ancak insan çalışanlar ve çalışma uygulamaları üzerindeki etkisi büyük ölçüde araştırılmamıştır. Son yıllarda, basın ve birçok bilim insanı algoritmaların sosyoteknik yönlerini incelemenin önemine dikkat çekmiştir, ancak bildiğimiz kadarıyla bu alanda çok az deneysel çalışma yapılmıştır (Lee, Kusbit, Metsky, & Dabbish, 2015). Sonuç olarak, algoritmik yönetim hem çalışan deneyiminde hem de işveren–çalışan ilişkilerinde yeni bir paradigma yaratmaktadır. Bu kitap bölümü, algoritmik yönetimin teorik temellerini, AI Act sonrası işyerinde ortaya çıkan düzenlemeleri, adalet ve şeffaflık ekseninde şekillenen tartışmaları kapsamlı biçimde ele alacaktır. Böylece, çalışma yaşamında giderek daha görünür hale gelen algoritmik yönetimin gelecekteki yönelimleri konusunda akademik ve pratik bir değerlendirme sunmak hedeflenmektedir.

2. ALGORİTMİK YÖNETİM KAVRAMI

2.1. Kavramsal Çerçeve

Algoritmik kontrol daha önce “işçi davranışlarını örgütsel hedeflerle uyumlu hale getirmek için akıllı algoritmaların ve gelişmiş dijital teknolojinin yönetsel kullanımı” olarak tanımlanmıştır (Wiener vd., 2021, s. 1). 90’lı yılların sonundan beri, teknolojik gelişmeler örgütsel kontrol üzerinde muazzam bir etkiye sahip oldu. Mevcut algoritmaların giderek daha karmaşık hale gelmesi ve dizüstü bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler, giyilebilir cihazlar ve lazer tarayıcılar gibi dijital cihazların çalışanlar tarafından daha fazla kullanılmasıyla birlikte, teknoloji ve algoritmalar kendi başlarına etki sahibi hale geldi ve kontrol artık yalnızca algoritmalar tarafından desteklenmemekte, aynı zamanda algoritmaların yardımıyla otomatikleştirilmektedir (Cram ve Wiener, 2020). Algoritmik kontrol ile durum artık böyle değil çünkü teknoloji kontrol süreçlerinin kendisi için vazgeçilmez hale geldi (Hirsch, Alizadeh, Wiener, & Cram, 2023).

Algoritmaların işletmeler tarafından kullanımı en azından 19. yüzyıla kadar uzanır ve Max Weber, "modern bürokrasilerde karar alma süreçlerini karakterize eden adım adım, dağıtılmış ve sözde nesnel seçim ve sıralama prosedürlerini" (Fourcade ve Healy, 2017: 10) ele almıştır.

Dijital platformlarda algoritmik yönetim, platform ekonomisi olarak da adlandırılan paylaşım ekonomisiyle ilişkilidir. Paylaşım ekonomisi, genellikle bireyler arasında, düşük işlem maliyetiyle az kullanılan kaynakların paylaşılması için internet tabanlı platformlar kullanan sermaye, varlık ve hizmet alışverişi olarak tanımlanır (Jabagi vd., 2019). Algoritmik yönetim "geleneksel olarak yöneticiler tarafından gerçekleştirilen koordinasyon ve kontrol işlevlerini yerine getiren öğrenme algoritmalarını geliştirmek ve iyileştirmek için bir platformda

büyük ölçekli veri toplama ve kullanma" olarak tanımlanmaktadır (Möhlmann vd., 2021, s. 2001).

Algoritmik yönetim, iş süreçlerinde geleneksel insan merkezli yönetsel kararların kısmen veya tamamen algoritmalar tarafından verilmesini ifade etmektedir. Bu kavram, literatürde genellikle “data-driven management” veya “algorithmic control” kavramlarıyla yakın ilişkili biçimde kullanılmaktadır (Lee, Kusbit, Metsky, & Dabbish, 2015). Algoritmalar, iş planlaması, görev dağıtımı, performans ölçümü, ücretlendirme ve hatta işten çıkarma gibi kritik işlevleri otomatikleştirerek yönetim fonksiyonunu üstlenmektedir (Kellogg, Valentine, & Christin, 2020). Bu bağlamda, algoritmik yönetimin (geleneksel yönetime kıyasla) farklı özelliği, koordinasyon ve kontrol işlevlerini otomatikleştirmek için de dijital teknolojilerle (örneğin, akıllı telefonlara yerleştirilmiş mobil uygulamalar ve sensörler) ve daha akıllı algoritmaların kullanılmasıdır (Benlian, ve diğerleri, 2022). Literatürde algoritmik yönetim, makineler ile çözümlenebilen verilere ve yönetsel karar vermeleri destekleyen ve/veya otomatikleştiren yazılım algoritmalarına bağlı bir kontrol sistemi olarak ifade edilmiştir (Lee vd., 2015). Bu ifadede, algoritmik yönetimin üç önemli özelliğibelirtilmiştir: (1) girdi olarak makine tarafından okunabilir veriler, (2) verilerin otomatik işlenmesi ve (3) çıktı olarak karar alma ve yürütme: (Meijerink & Bondarouk, 2023)

Algoritmik yönetim, çalışma koşullarını düzenleyen ve çalışanları uzaktan yöneten çeşitli teknolojik araçlar kümesidir. Algoritmik yönetim aşağıdaki faaliyetleri içerir (Mateescu & Nguyen,, 2019):

- Teknoloji aracılığıyla verimli veri toplama ve çalışanların gözetimi;
- Yönetim kararlarını bilgilendiren verilere gerçek zamanlı yanıt verme;
- Otomatik veya yarı otomatik karar alma;

- Performans değerlendirmelerinin derecelendirme sistemlerine veya diğer ölçütlere aktarılması; ve
- Çalışan davranışlarını dolaylı olarak teşvik etmek için "dürtme" ve cezaların kullanılması.

Algoritmik yönetimin benimsenmesi, dört geniş alanda çalışan hakları açısından yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır: (Mateescu & Nguyen, 2019)

- Gözetim ve kontrol: Teknoloji destekli gözetim, çalışanlar için yeni hız ve verimlilik baskıları yaratabilir ve çalışanları kişisel takdir yetkisini kullanabilmek gibi önemli karar alma yönlerinden uzak tutabilir.
- Şeffaflık: Algoritmik yönetim, sistemlerin nasıl çalıştığına ve değerlendirmek için gereken kaynaklara ve uzmanlığa erişim konusunda dengesizlik ortaya çıkarabilir.
- Önyargı ve ayrımcılık: Tüketici kaynaklı derecelendirme sistemleri gibi araçlar, çalışanlar hakkında karar almak için kullanıldığında, çalışanlara karşı önyargılı ve ayrımcı uygulamalara yol açabilir.
- Hesap verebilirlik: Algoritmik yönetim, organizasyonları alınan kararlar açısından hesap verilebilirlik kısmında zorlayabilir.

2.2. İşleyiş Mekanizmaları

Algoritmik yönetimin üç temel işleyiş mekanizmasından bahsedilebilir:

1. Görev Dağılımı: Algoritmalar, müşteri talepleri, coğrafi konum, performans skorları veya geçmiş veriler gibi kriterlere dayanarak hangi çalışana hangi işin atanacağını belirler. Örneğin Uber sürücülerine yolcu eşleştirmeleri veya Amazon deposu

çalışanlarına görev yönlendirmeleri bu mekanizmaya örnektir (Rosenblat & Stark, 2016).

2. Performans İzleme: Çalışanların hız, doğruluk, müşteri memnuniyeti gibi metrikleri gerçek zamanlı olarak kaydedilir ve algoritmalar aracılığıyla raporlanır. Bu süreç, çalışanların sürekli gözetim altında hissetmesine yol açabilmektedir (Wood, Graham, Lehdonvirta, & Hjorth, 2019).
3. Ödüllendirme ve Yaptırım: Algoritmalar, primler, puanlama sistemleri, bonuslar veya işten çıkarma gibi sonuçları otomatik olarak tetikleyebilir. Bu durum, çalışanların algoritmik sistemlere bağımlılığını artırırken adalet ve şeffaflık tartışmalarını da yoğunlaştırmaktadır (Meijerink & Bondarouk, 2021).

2.3. Güncel Uygulama Alanları

Çevrimiçi işgücü platformlarda çalışanları düzenlemek ve kontrol etmek için kullanılan uygulamalar, algoritmik yönetimin klasik yönetim biçimlerini ve işin geleceğini nasıl kökten değiştirebileceğinin habercisidir (Benlian, ve diğerleri, 2022). Ayrıca, algoritmik yönetimin giderek daha fazla geleneksel istihdam ortamlarında, en önemlisi depolarda, perakende, üretim, pazarlama, danışmanlık, bankacılık, oteller, çağrı merkezleri ve gazeteciler, avukatlar ve polis arasında kullanılmaya başlanmıştır (J.Wood, 2021).

Algoritmik yönetim yalnızca gig-ekonomi platformlarıyla sınırlı değildir. Perakende sektöründe vardiya planlaması, lojistik sektöründe rota optimizasyonu, beyaz yaka işlerde işe alım süreçleri (örneğin algoritmik CV tarama yazılımları) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Gartner'ın 2022 raporuna göre, büyük ölçekli işletmelerin %75'i insan kaynakları süreçlerinde en az bir algoritmik karar destek sisteminden faydalanmaktadır (Gartner, 2022).

Algoritmik yönetim ve özellikle algoritmik karar alma, günümüzde birçok alanında daha yaygın hale gelmektedir. İş yerleri, çalışanlar, işletmeler ve toplum için çok fazla etkileri olan algoritmik sistemler daha fazla kabul görmeye başlamıştır. Ancak algoritmaların çalışanlar üzerindeki etkisi belirsizliğini korumakta ve birçok paydaş, algoritmaların kullanımı konusunda daha fazla kurumsal hesap verebilirlik ve şeffaflık talep etmektedir (Benlian, ve diğerleri, 2022).

3. EU AI ACT SONRASI İŞYERİNDE YENİ DÜZEN

3.1. EU AI Act'in Ortaya Çıkışı

Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin ortaya çıkışı, bu teknolojilerin geliştirilmesi ve dağıtımının sorumlu bir şekilde yönetilmesi için düzenleyici çerçevelerin gerekliliği konusunda küresel bir tartışmayı tetikledi. Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin insan yaşamının çeşitli alanlarına giderek daha fazla entegre olmasıyla birlikte, düzenleyici çerçevelere duyulan ihtiyaç büyük önem kazandı. Avrupa Parlamentosu, 13 Mart 2024'te, yalnızca YZ yönetimine adanmış ilk yatay ve bağımsız yasa olan AB Yapay Zeka Yasası, 2024'i ("YZ Yasası, 2024") 523'e karşı 46 oyla büyük bir çoğunlukla kabul etti. YZ Yasası, 2024, küresel yönetişimde bir dönüm noktası niteliğinde olup, çeşitli sektörlerde YZ sistemlerinin geliştirilmesi, dağıtımı ve kullanımı için kapsamlı yönergeler ve güvenceler oluşturmayı amaçlamaktadır. Tanımlar, ilkeler, yükümlülükler ve uygulama mekanizmaları da dahil olmak üzere Yasa'nın temel bileşenlerinin titiz bir analizi yoluyla, bu araştırma, paydaşlar, inovasyon ekosistemleri ve dünya çapındaki toplumsal dinamikler üzerindeki potansiyel etkisini aydınlatmayı amaçlamaktadır (Butt, 2024). AI Act, özellikle yüksek riskli yapay zekâ sistemlerinin güvenliğini, insan haklarına uyumunu ve şeffaflığını güvence altına almayı amaçlamaktadır (Veale &

Borgesius, 2021). Avrupa Birliği son zamanlarda bu konuda özel adımlar atmaktadır. Bu nedenle, Avrupa yasama organının mevcut yasama önerilerinin çalışan sağlığını korumak için yeterli olup olmadığını belirlemek çok önemlidir. Güvenli ve sağlıklı çalışma koşulları ve iş ahlakı hakkı bağlamında işveren-çalışan düzeyinde doğru ilişkileri garanti ediyorlar mı? Çalışanın genlerinin incelenmesi de yapay zekânın kullanıldığı yeni hedeflere bir örnektir (Flaherty, 2019).

3.2. Yüksek Riskli Sistemler ve İşyerleri

Yapay Zeka Yasası, yalnızca yüksek riskli sistemler için geçerli olan geniş bir yelpazede açıklama yükümlülükleri (Yapay Zeka Yasası Ek IV, Madde 11) içermektedir. Yapay zekada uygulama türüne bağlı olarak farklı risk kategorileri vardır ve genel amaçlı üretken yapay zekaya özel bir kategori bulunmaktadır. AI Act'in çalışma hayatında en önemli boyutu, yüksek riskli sistemler kategorisidir. İşe alım, performans değerlendirme, işten çıkarma, terfi ve vardiya planlaması gibi insan kaynakları süreçlerinde kullanılan algoritmalar, AI Act kapsamında yüksek riskli kabul edilmektedir (European Commission, 2021). Bu durum, işyerlerinde algoritmik yönetim uygulamalarının artık yalnızca “teknolojik yenilik” değil, aynı zamanda yasal denetime tabi bir süreç haline geldiğini göstermektedir.

3.3. Şeffaflık ve Açıklanabilirlik Yükümlülüğü

Algoritmik şeffaflık, algoritmaların karar alma süreçlerinde kullandığı süreçlerin ve kriterlerin açıklığını ve erişilebilirliğini ifade eder (Shin ve Park, 2019). Geçici iş ekonomisinde bu şeffaflık, algoritmaların görevleri nasıl dağıttığını, performansı nasıl değerlendirdiğini ve ücreti nasıl belirlediğini ortaya çıkarmayı içerir. Çalışanların algoritmik kararlara tepkileri büyük ölçüde adalet değerlendirmelerine, yani bu kararların tarafsız ve eşit bir şekilde verilip verilmediğine

dayanır (Lavanchy ve ark., 2023; Algoritmik yönetim, yapay zeka sistemleri çalışanlar hakkında mahrem bilgilere eriştiğinde çalışanların özel hayatlarına çok ciddi bir müdahaleye yol açabilir (Ajunwa vd., 2017). AI Act, algoritmaların karar aşamasında şeffaflık ilkesini çok önemli ve gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda işverenler, çalışanların kararların nasıl alındığını anlamasına imkân sağlayacak şekilde algoritmaların işleyişini açıklamakla yükümlüdür (Hacker, Engel, Mauer, & Petkova, 2022). Ayrıca, çalışanların algoritmik kararlara itiraz edebilme hakkı da düzenleme ile güvence altına alınmaktadır. Bu durum, örgütsel adalet literatüründe özellikle prosedürel adalet boyutuyla ilişkilendirilebilir.

3.4. Gözetim ve Veri Koruma

Algoritmik yönetim, büyük ölçüde çalışanlardan toplanan veriler üzerinden işlemektedir. AI Act, bu verilerin korunması, işlenmesi ve saklanmasına ilişkin katı kurallar getirmektedir. Özellikle çalışanların davranışsal ve biyometrik verilerinin kullanımına yönelik sınırlandırmalar, işyerinde mahremiyetin korunması açısından kritik bir düzenleme olarak öne çıkmaktadır (Stix, 2021).

3.5. İşverenler için Yeni Sorumluluklar

AI Act sonrasında işverenler, algoritmik yönetim araçlarını kullanırken aşağıdaki sorumluluklarla karşı karşıya kalmaktadır:

- Kullanılan sistemlerin uyum testlerinden geçirilmesi ve sertifikalandırılması,
- Algoritmik kararların denetlenebilir hale getirilmesi,
- Çalışanlara yönelik risk değerlendirmesi yapılması,
- İnsan gözetiminin tamamen ortadan kaldırılmaması ve kritik kararların mutlaka insan onayına tabi tutulması.

Bu sorumluluklar, işverenlerin algoritmik yönetim uygulamalarını yalnızca verimlilik ve maliyet avantajı açısından değil, aynı zamanda etik ve yasal uyum çerçevesinde değerlendirmesini zorunlu hale getirmektedir.

3.6. Çalışanlar için Yeni Haklar

Çalışanlar açısından AI Act, algoritmik kararların sorgulanabilirliği ve denetlenebilirliği açısından önemli bir güvence sunmaktadır. Artık çalışanlar, kendileri hakkında verilen kararların hangi veriler ve hangi kriterlere dayalı olarak alındığını öğrenme hakkına sahiptir. Ayrıca işverenlerden, algoritmik sistemlerin çalışanların psikolojik güvenliğini zedelemeyecek biçimde uygulanması beklenmektedir (De Stefano, Durri, Stylogiannis, & Wouters, 2022).

3.7. Yeni Paradigma: İnsan-Merkezli Algoritmik Yönetim

İnsan merkezli yapay zekâ yaklaşımı, insanlar ve makineler tarafından yapılan işlerin giderek daha etkileşimli ve entegre hale geleceği bir gelecek öngörüyor. Çerçeveyle sonuçlanıyor. AI Act'in iş dünyasına getirdiği en önemli değişim, algoritmik yönetimi “sınırsız bir teknoloji kullanımı” olmaktan çıkarıp, insan merkezli ve etik ilkelere bağlı bir yönetim aracı haline dönüştürmesidir. Bu bağlamda, şeffaflık, hesap verebilirlik ve adalet ilkeleri, geleceğin işyerlerinde algoritmik yönetimin temel yapı taşları olacaktır.

4. ALGORİTMİK YÖNETİM VE ADALET

Algoritmik yönetimde adalet, algoritmik kararların adil olması veya adaletsiz sonuçlar çıkarmaması anlamına gelmektedir (Yang ve Stoyanovich, 2017). Yapılan ayrımcılık örnekleri (1) bankaların finansal puana değil ırka veya cinsiyete dayalı kredi sağlaması, (2) firmaların insanları niteliklere değil

ırka göre işe alması ve (3) emlakçıların evleri yeteneğe göre değil belirli topluluklara kiralaması verilebilir (Shin & Park, 2019).

4.1. Adalet Kavramının Boyutları

Örgütsel davranış literatüründe adalet kavramı genellikle üç temel boyutta ele alınmaktadır:

- Dağıtımsal adalet: Ücret, prim, vardiya ve iş yükü gibi kaynakların çalışanlar arasında nasıl paylaştırıldığına ilişkin algılar (Colquitt, 2001).
- Prosedürel adalet: Karar alma süreçlerinin şeffaflığı, tutarlılığı ve tarafsızlığı.
- Etkileşimsel adalet: Çalışanlara gösterilen saygı, iletişimde dürüstlük ve açıklık.

Algoritmik yönetim bağlamında bu üç boyutun her biri farklı tartışmaları gündeme getirmektedir.

4.2. Dağıtımsal Adalet ve Algoritmik Kararlar

Algoritmalar, performans skorları, müşteri geri bildirimleri, zamanlama verileri veya coğrafi konum gibi kriterlere göre iş dağılımı yapmaktadır. Ancak kullanılan kriterlerin şeffaf olmaması veya çalışanlar arasında eşitsiz sonuçlar doğurması, dağıtımsal adalet algısını zedeleyebilmektedir (Burda kaynak yok sen yaz). Örneğin Uber sürücülerine yönelik yapılan araştırmalar, algoritmik iş dağılımlarında bazı grupların (örneğin düşük puanlı veya belirli bölgelerde çalışan sürücülerin) daha az gelir elde ettiğini göstermektedir (Rosenblat & Stark, 2016).

4.3. Prosedürel Adalet ve Şeffaflık

Algoritmik yönetim süreçlerinde prosedürel adalet, kararların nasıl alındığının açıklanabilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Çalışanlar, algoritmaların hangi kriterlere dayanarak karar verdiğini bilmek ve bu kararlara itiraz edebilmek istemektedir. Ancak “kara kutu” niteliğindeki yapay zekâ

sistemleri, bu beklentiyi çoğu zaman karşılamamaktadır (Burrell, 2016). Bu nedenle EU AI Act, algoritmik kararların açıklanabilirliğini ve çalışanların bilgilendirilme hakkını yasal bir zorunluluk haline getirmiştir (European Parliament, 2024).

4.4. Etkileşimsel Adalet ve Çalışan Deneyimi

Algoritmik yönetim, çoğu zaman çalışanlarla doğrudan iletişim kuran bir yönetici yerine, sayısal skorlar ve otomatik bildirimler aracılığıyla işleyişi sağlamaktadır. Bu durum, çalışanların kendilerini değersiz hissetmesine ve örgütsel bağlılıklarının zayıflamasına yol açabilmektedir (Meijerink & Bondarouk, 2021). Etkileşimsel adaletin eksikliği, çalışanların psikolojik güvenliğini de olumsuz etkileyebilir.

4.5. Algoritmik Yönetimde Adaletin Güçlendirilmesi

Literatürde, algoritmik yönetimde adalet algısının güçlendirilmesi için şu öneriler öne çıkmaktadır:

- Karar kriterlerinin açık ve anlaşılır biçimde paylaşılması,
- Çalışanlara geri bildirim ve itiraz mekanizmalarının sunulması,
- Algoritmik süreçlere insan gözetiminin entegre edilmesi,
- Önyargı ve ayrımcılığın engellenmesi için algoritmaların düzenli olarak bağımsız denetimden geçirilmesi (Hacker, Engel, Mauer, & Petkova, 2022).

Bu çerçevede adalet, yalnızca hukuki bir gereklilik değil, aynı zamanda çalışanların motivasyonu, iş tatmini ve örgütsel bağlılığı açısından stratejik bir unsur olarak da görülmektedir.

5. ŞEFFAFLIK VE HESAP VEREBİLİRLİK

5.1. Şeffaflık İhtiyacı

Algoritmik yönetim süreçlerinde şeffaflık, çalışanların algoritmik kararların nasıl alındığını, hangi veriler kullanıldığını ve bu kararların sonuçlarını ne şekilde etkilediğini anlayabilmesi anlamına gelmektedir. Ancak algoritmalar genellikle “kara kutu” niteliğinde olduğundan, çalışanlar kararların dayandığı mantığı görememekte ve bu da güvensizlik yaratmaktadır (Burrell, 2016).

5.2. Açıklanabilir Yapay Zekâ (Explainable AI)

Son yıllarda literatürde “açıklanabilir yapay zekâ” (Explainable AI – XAI) kavramı, algoritmik sistemlerin işleyişinin daha anlaşılır hale getirilmesi için öne çıkmaktadır (Doshi-Velez & Kim, 2017). Açıklanabilir yapay zekâ, algoritmaların yalnızca çıktılar üretmesini değil, aynı zamanda bu çıktılara nasıl ulaşıldığını da insanlara aktarabilmesini hedefler. İşyerinde bu yaklaşım, çalışanların algoritmik kararlara güvenini artırabilir ve prosedürel adalet algısını güçlendirebilir.

5.3. Hesap Verebilirlik Boyutu

Şeffaflık, hesap verebilirlik olmadan eksik kalmaktadır. Hesap verebilirlik, algoritmik sistemlerin verdiği kararların sorumluluğunun açık bir şekilde belirlenmesini gerektirir. Bu noktada temel tartışma, sorumluluğun yazılım geliştiricilerde mi, algoritmayı kullanan işverenlerde mi yoksa her iki tarafın ortak sorumluluğunda mı olduğu üzerine yoğunlaşmaktadır (Zerilli, Knott, Maclaurin, & Gavaghan, 2019). AI Act, bu konuda işverenlere güçlü bir yükümlülük yüklemekte, algoritmik kararların doğuracağı sonuçlardan öncelikle işverenin sorumlu olduğunu vurgulamaktadır (European Parliament, 2024).

5.4. Çalışanların Sorgulama Hakkı

AI Act ile birlikte çalışanlara algoritmik kararları sorgulama hakkı tanınmıştır. Bu hak, yalnızca teknik bir

düzenleme değil, aynı zamanda demokratik bir işyeri uygulaması olarak değerlendirilebilir. Çalışanların algoritmik kararların gerekçelerini öğrenebilmesi, örgütsel adaletin ve psikolojik güvenliğin artırılmasına katkı sağlamaktadır (De Stefano, Durri, Stylogiannis, & Wouters, 2022).

5.5. Şeffaflık Mekanizmaları

Algoritmik yönetimde şeffaflık ve hesap verebilirliği artırmak için literatürde önerilen başlıca mekanizmalar şunlardır:

- Algoritma etki analizleri: Algoritmanın çalışanlar üzerindeki etkilerini sistematik biçimde incelemek,
- Bağımsız denetim: Algoritmaların önyargı ve ayrımcılık içerip içermediğini bağımsız kurumlarca denetletmek,
- Etik kurullar: İşyerinde algoritmik uygulamaları gözden geçiren etik denetim birimlerinin kurulması,
- İnsan gözetimi: Kritik kararların mutlaka insan onayına tabi tutulması.

Bu mekanizmalar, algoritmik yönetimin işyerinde daha adil, şeffaf ve sürdürülebilir biçimde uygulanmasına katkı sunmaktadır.

6. ALGORİTMİK YÖNETİMİN FIRSATLARI VE RİSKLERİ

6.1. Fırsatlar

Algoritmalar, büyük verileri çok hızlı bir şekilde işleyerek, operasyonel verimliliği artıran uygun zamanlı karar alma süreçlerine olanak tanır. Örneğin, araç çağırma platformlarında algoritmalar, sürücüleri konum, rota ve trafik koşullarına göre yolcularla hızla eşleştirerek bekleme sürelerini ve rota verimliliğini optimize edebilir (Benlian vd., 2022).

6.1.1. Verimlilik ve Hız

Algoritmik yönetimin en önemli avantajlarından biri iş süreçlerinde hız ve verimliliği artırmasıdır. Algoritmalar, büyük miktarda veriyi kısa sürede işleyerek vardiya planlaması, iş dağılımı ve rota optimizasyonu gibi konularda hızlı ve doğru kararlar verebilmektedir (Kellogg, Valentine, & Christin, 2020). Bu durum özellikle platform ekonomisi ve lojistik sektörlerinde iş süreçlerini kolaylaştırmaktadır.

6.1.2. Objektiflik ve Tarafsızlık Potansiyeli

İnsan yöneticilerin kararlarında görülebilecek bilinçli veya bilinçsiz önyargıların algoritmalar aracılığıyla azaltılabileceği öne sürülmektedir. Örneğin işe alım süreçlerinde, adayların yalnızca belirli kriterler üzerinden değerlendirilmesi sayesinde daha adil sonuçlara ulaşılabilceği iddia edilmektedir (Bodie, Cherry, McCormick, & Tang, 2017).

6.1.3. Ölçeklenebilirlik

Algoritmik yönetim, özellikle küresel ölçekte faaliyet gösteren şirketler için, farklı coğrafyalarda eşzamanlı olarak binlerce çalışanın iş süreçlerini koordine etme imkânı sağlamaktadır. Bu, geleneksel insan merkezli yönetimle mümkün olmayan bir ölçekte denetim ve kontrol avantajı yaratmaktadır (Gal, Jensen, & Steinmetz, 2020).

6.1.4. Geri Bildirim ve Veri Tabanlı Kararlar

Çalışan performansının sürekli izlenmesi, hem işverenlere hem de çalışanlara düzenli geri bildirim sağlama potansiyeli taşımaktadır. Bu durum, çalışanların gelişim alanlarını görmelerine ve performanslarını iyileştirmelerine yardımcı olabilir (Meijerink & Bondarouk, 2021).

6.2. Riskler

6.2.1. Önyargı ve Ayrımcılık

Her ne kadar algoritmalar tarafsızlık iddiasıyla sunulsa da, kullanılan verilerdeki önyargılar algoritmik kararlara da yansıyabilmektedir. İşe alımda kullanılan algoritmaların cinsiyet veya etnik köken ayrımcılığını yeniden üretebildiğine dair çok sayıda örnek bulunmaktadır (Barocas & Selbst, 2016).

6.2.2. Özerklik Kaybı

Çalışanlar, algoritmaların belirlediği iş dağılımı ve performans kriterleri nedeniyle kendi iş süreçleri üzerinde kontrol kaybı yaşayabilmektedir. Bu durum, çalışanların özerklik algısını zayıflatarak iş tatminini ve motivasyonunu düşürebilmektedir (Wood, Graham, Lehdonvirta, & Hjorth, 2019).

6.2.3. Şeffaflık Eksikliği ve Güvensizlik

Algoritmik kararların çoğu zaman çalışanlar tarafından anlaşılmaması, şeffaflık sorununu beraberinde getirmektedir. Çalışanlar neden belirli vardiyalara atandıklarını veya neden düşük performans skorları aldıklarını bilmediklerinde, işyerinde güvensizlik artmaktadır (Burrell, 2016).

6.2.4. Psikolojik Güvenlik Üzerindeki Olumsuz Etkiler

Sürekli gözetim, belirsizlik ve algoritmik yaptırımlar, çalışanların işyerinde psikolojik güvenlik algısını zayıflatabilmektedir. Çalışanların fikirlerini özgürce ifade etmekten çekinmesi, örgütsel inovasyonu da olumsuz etkilemektedir (De Stefano, Durri, Stylogiannis, & Wouters, 2022).

6.3. Fırsat ve Risklerin Dengelenmesi

Algoritmik yönetim, hem fırsatları hem de riskleri bünyesinde barındıran çift yönlü bir olgudur. Bu nedenle işletmeler açısından kritik mesele, verimlilik ve objektiflik gibi

avantajlarla, özerklik kaybı ve mahremiyet ihlalleri gibi riskler arasında bir denge kurabilmektir. Bu noktada AI Act'in getirdiği düzenlemeler, şeffaflık, hesap verebilirlik ve çalışan haklarını koruma ilkeleriyle, bu dengenin kurulmasına katkı sağlamaktadır.

7. LİTERATÜRDE ÖNE ÇIKAN ÇALIŞMALAR

7.1. Uluslararası Literatür

Algoritmik yönetim üzerine yapılan araştırmalar, özellikle 2010'lu yıllardan sonra hızla artmıştır. İlk çalışmalar gig-ekonomi bağlamında Uber, Deliveroo ve Amazon Mechanical Turk gibi platformlarda algoritmik kontrolün işleyişini incelemiştir. Rosenblat ve Stark (2016), Uber sürücülerine ilişkin çalışmalarında, algoritmaların iş dağılımında bilgi asimetrileri yaratarak çalışan özerkliğini sınırlandırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Wood, Graham, Lehdonvirta ve Hjorth (2019), küresel gig ekonomisinde algoritmik kontrolün, özerklik kaybına ve güvencesizliğe yol açtığını, ancak bazı durumlarda gelir fırsatlarını artırdığını vurgulamıştır. Kellogg, Valentine ve Christin (2020), algoritmik yönetimi “kontrolün yeni tartışmalı alanı” olarak tanımlamış ve bu sistemlerin hem işverenler hem de çalışanlar açısından sürekli bir pazarlık alanı yarattığını öne sürmüştür. Ayrıca Meijerink ve Bondarouk (2021), algoritmik yönetimin insan kaynakları (İK) uygulamalarında hem değer yaratma hem de çalışan özerkliğini sınırlama gibi ikili etkiler yarattığını ileri sürerek bu konunun gelecekteki araştırmalar için kritik bir alan olduğunu belirtmiştir.

7.2. Avrupa Bağlamında Çalışmalar

Avrupa literatüründe algoritmik yönetim, genellikle işçi hakları, mahremiyet ve yasal düzenlemeler bağlamında ele alınmıştır. De Stefano, Durri, Stylogiannis ve Wouters (2022), algoritmik yönetimin çalışanların kolektif haklarıyla olan ilişkisini incelemiş ve sendikal örgütlenme açısından yeni

zorluklar doğurduğunu ortaya koymuştur. Hacker, Engel, Mauer ve Petkova (2022) ise AI Act çerçevesinde algoritmik yönetimi değerlendirerek, düzenlemenin şeffaflık ve hesap verebilirlik açısından güçlü bir çerçeve sunduğunu, ancak uygulamada bazı boşluklar içerdiğini belirtmiştir. Veale ve Borgesius (2021), AI Act'in taslak versiyonunu analiz ederek özellikle yüksek riskli sistemler kategorisinin işyerinde kullanılan algoritmik yönetim uygulamalarını doğrudan etkilediğini göstermiştir. Bu bağlamda Avrupa literatürü, algoritmik yönetimi yalnızca teknik bir olgu olarak değil, aynı zamanda hukuki ve normatif bir mesele olarak değerlendirmektedir.

7.3. Türkiye'deki Çalışmalar

Türkiye'de algoritmik yönetim literatürü henüz sınırlı olmakla birlikte, dijitalleşme ve platform ekonomisi üzerine yapılan çalışmalar bu alana katkı sağlamaktadır. Çoğu araştırma gig-ekonomi, esnek çalışma ve dijital platformlarda emek süreçleri üzerine odaklanmaktadır. Örneğin, yemek dağıtım platformlarında algoritmik kontrolün vardiya planlaması ve ücretlendirme üzerindeki etkileri, çalışanlar açısından adalet ve güvenlik sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir (ör. Korkmaz & Yücesan-Özdemir, 2021).

7.4. Literatürün Ortak Noktaları

Genel olarak literatürde öne çıkan bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- Algoritmik yönetim, çalışan özerkliği ve adalet algısını önemli ölçüde etkilemektedir.
- Şeffaflık eksikliği, çalışanlar açısından en büyük sorun alanlarından biridir.
- Algoritmaların önyargı ve ayrımcılık üretebilme riski, yasal düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır.

- AI Act, uluslararası literatürde yeni bir araştırma dalgası yaratmıştır; önümüzdeki yıllarda daha fazla ampirik çalışmanın yapılması beklenmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Algoritmik yönetim, dijitalleşmenin ve yapay zekâ temelli sistemlerin işyerinde giderek yaygınlaşmasıyla birlikte, yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda örgütsel, etik ve hukuki bir dönüşüm alanı olarak karşımız çıkmaktadır. Çalışma boyunca görüldüğü üzere, algoritmik yönetim iş süreçlerinde verimlilik, hız, ölçeklenebilirlik ve nesnellik gibi fırsatlar sunarken; önyargı, şeffaflık eksikliği, sürekli gözetim, özerklik kaybı ve psikolojik güvenlik sorunları gibi riskler de yaratmaktadır. Avrupa Birliği’nin 2024 yılında yürürlüğe giren AI Act düzenlemesi, bu ikili yapıyı dengelemeyi hedeflemekte; yüksek riskli sistemlerde şeffaflık, hesap verebilirlik, insan gözetimi ve temel hakların korunması gibi ilkeleri ön plana çıkarmaktadır. Dolayısıyla, algoritmik yönetim alanında artık yalnızca “teknolojik uygunluk” değil, aynı zamanda “etik uyum” ve “hukuki sorumluluk” da gündemin merkezine yerleşmiştir.

Politika Yapıcılara Yönelik Öneriler

- Sektör-özel rehberler: AI Act’in uygulanmasını kolaylaştırmak için, farklı sektörler (lojistik, perakende, platform ekonomisi, insan kaynakları) özelinde detaylı uyum rehberleri geliştirilmelidir.
- Bağımsız denetim ekosistemi: Algoritmik yönetim sistemlerini düzenli aralıklarla inceleyecek bağımsız denetim mekanizmaları oluşturulmalıdır.
- Çalışan haklarının güçlendirilmesi: Çalışanların algoritmik kararlara itiraz ve bilgi edinme haklarını etkin biçimde kullanabilmeleri için yasal destek

mekanizmaları (ör. sendikalar, şikâyet mercileri) teşvik edilmelidir.

İşverenlere Yönelik Öneriler

- İnsan-merkezli uygulama: Algoritmik yönetim, çalışan özerkliğini tamamen ortadan kaldırmamalı; kritik kararlar mutlaka insan onayına tabi tutulmalıdır.
- Şeffaflık ve iletişim: Çalışanlara algoritmik kararların nasıl alındığını anlaşılır şekilde açıklamak, güvenin tesisinde kilit rol oynamaktadır.
- Veri koruma ve etik gözetim: Çalışanlardan toplanan veriler yalnızca ilgili amaçla kullanılmalı, veri minimizasyonu ilkesine uyulmalı ve etik kurullar tarafından düzenli olarak gözden geçirilmelidir.
- Eğitim ve farkındalık: Çalışanlar, algoritmik yönetim sistemlerinin işleyişi ve hakları konusunda düzenli bilgilendirme ve eğitim programlarına dahil edilmelidir.

Çalışanlara Yönelik Öneriler

- Haklarını bilme ve kullanma: Çalışanlar, AI Act ve ilgili düzenlemelerle kendilerine tanınan şeffaflık ve itiraz haklarının farkında olmalı ve gerektiğinde kullanabilmelidir.
- Kolektif örgütlenme: Sendikalar veya çalışan temsilcileri aracılığıyla algoritmik yönetim uygulamalarında ortak talepler geliştirmek, bireysel hakların korunmasını güçlendirebilir.
- Dijital okuryazarlık: Çalışanların algoritmik sistemleri anlayabilme kapasiteleri artırılmalı; bu, hem işyerinde daha bilinçli bir etkileşim sağlar hem de psikolojik güvenliği destekler.

8.1. Akademik Araştırmalara Yönelik Öneriler

- Boylamsal çalışmalar: Algoritmik yönetimin çalışan deneyimine etkileri uzun vadede izlenmelidir.
- Karşılaştırmalı araştırmalar: Farklı sektörlerde ve ülkelerde algoritmik yönetim uygulamalarının sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmelidir.
- Karma yöntem kullanımı: Nicel ile nitel yöntemlerin aynı anda uygulanması, işgören tecrübelerinin daha iyi gözlenmesini sağlayacaktır.

Algoritmik yönetim, iş dünyasında “yeni paradigma” olarak ortaya çıkmaktadır. Bu paradigma, yalnızca teknolojik kapasiteyle değil; aynı zamanda adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik ve insan hakları ilkeleriyle şekillenecektir. AI Act ve benzeri düzenlemeler, bu dönüşümün hukuki çerçevesini sunarken, işverenlerin ve çalışanların aktif katılımı olmadan kalıcı ve sürdürülebilir bir denge sağlanamayacaktır. Dolayısıyla geleceğin işyerlerinde başarı, teknoloji ile insan faktörünü uyumlu biçimde bütünleştirebilmeye bağlı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ajunwa I, Crawford K and Schultz J (2017) Limitless worker surveillance. *California Law Review* 105(3): 735–776.
- Barocas, S., & Selbst, A. D. (2016). Big data's disparate impact. *California Law Review*, 104(3), 671–732.
- Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1177/2053951715622512>
- Butt, M. (2024). Analytical study of the world's first EU artificial intelligence (AI) Act, 2024. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(3), 914-927.
[doi:10.55248/gengpi.5.0324.0914](https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0324.0914)
- Benlian, A., Wiener, M., Cram, W. A., Krasnova, H., Maedche, A., Möhlmann, M., ... Remus, U. (2022). Algorithmic management: Bright and dark sides, practical implications, and research opportunities. *Business & Information Systems Engineering*, 64(6), 825–839.
- Bodie, M. T., Cherry, M. A., McCormick, M. L., & Tang, J. (2017). The law and policy of people analytics. *University of Colorado Law Review*, 88(4), 961–1042.
- Colquitt, J. A. (2001). On the dimensionality of organizational justice: A construct validation of a measure. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 386–400.
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.386>
- De Stefano, V., Durri, I., Stylogiannis, C., & Wouters, M. (2022). Algorithmic management and collective rights. *International Labour Review*, 161(4), 511–534.
<https://doi.org/10.1111/ilr.12398>

- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv preprint arXiv:1702.08608.
- European Commission. (2021). Proposal for a regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Brussels: European Commission.
- European Parliament. (2024). Artificial Intelligence Act: Regulation (EU) 2024/1689. Official Journal of the European Union.
- Flaherty JE. Toxicogenomics and workers' compensation: a reworking of the bargain. *J Health Care Law Pol* 2009;12(2): 274
- Gal, U., Jensen, T. B., & Steinmetz, C. (2020). Breaking the vicious cycle of algorithmic management: A virtue ethics approach to people analytics. *Information and Organization*, 30(2), 100301. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2020.100301>
- Gartner. (2022). Predicts 2022: Artificial intelligence. Gartner Research.
- Hacker, P., Engel, A., Mauer, M., & Petkova, B. (2022). Regulating AI in Europe: Four problems and four solutions. *European Law Journal*, 28(4), 365–389. <https://doi.org/10.1111/eulj.12456>
- Kellogg, K. C., Valentine, M. A., & Christin, A. (2020). Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals*, 14(1), 366–410. <https://doi.org/10.5465/annals.2018.0174>
- Lavanchy, M., Reichert, P., Narayanan, J., & Savani, K. (2023). Applicants' fairness perceptions of algorithm-driven hiring procedures. *Journal of Business Ethics*, 1–26.

- Lee, M. K., Kusbit, D., Metsky, E., & Dabbish, L. (2015). Working with machines: The impact of algorithmic and data-driven management on human workers. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 1603–1612. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702548>
- Mateescu, A., & Nguyen, A. (2019). Explainer: Algorithmic management in the workplace. Data & Society Research Institute Report. Retrieved from <https://datasociety.net>
- Meijerink, J., & Bondarouk, T. (2021). The duality of algorithmic management: Toward a research agenda on HRM algorithms, autonomy and value creation. Human Resource Management Review, 31(4), 100766. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2020.100766>
- Möhlmann M, Zalmanson L (2017) Hands on the Wheel: Navigating Algorithmic Management and Drivers. In: Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2017), December 10–13, Seoul, South Korea
- Rosenblat, A., & Stark, L. (2016). Algorithmic labor and information asymmetries: A case study of Uber’s drivers. International Journal of Communication, 10, 3758–3784.
- Shin, D., & Park, Y. J. (2019). Role of fairness, accountability, and transparency in algorithmic affordance. Computers in Human Behavior, 98, 277–284.
- Stix, C. (2021). Actionable principles for artificial intelligence policy: Three pathways. Science and Engineering Ethics, 27(2), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00285-5>
- Wiener, M., Cram, W. A., & Benlian, A. (2021). Algorithmic control and gig workers: a legitimacy perspective of Uber drivers. European Journal of Information Systems, 32(3),

485–507.

<https://doi.org/10.1080/0960085X.2021.1977729>

- Wood, A. J., Graham, M., Lehdonvirta, V., & Hjorth, I. (2019). Good gig, bad gig: Autonomy and algorithmic control in the global gig economy. *Work, Employment and Society*, 33(1), 56–75. <https://doi.org/10.1177/0950017018785616>
- Veale, M., & Borgesius, F. Z. (2021). Demystifying the draft EU Artificial Intelligence Act. *Computer Law Review International*, 22(4), 97–112. <https://doi.org/10.9785/cril-2021-220402>
- Yang, K., & Stoyanovich, J. (2017). Measuring fairness in ranked outputs. *Proceedings of the 29th international conference on scientific and statistical database management*<https://doi.org/10.1145/3085504.3085526>
Chicago, IL, USA — June 27- 29, 2017.
- Zerilli, J., Knott, A., Maclaurin, J., & Gavaghan, C. (2019). Transparency in algorithmic and human decision-making: Is there a double standard? *Philosophy & Technology*, 32(4), 661–683. <https://doi.org/10.1007/s13347-018-0>

YEŞİL TEKNOLOJİ VE TEKNOLOJİ TRANSFERİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE UYGULAMA DİNAMİKLERİ

Tuba AKPINAR¹

Cem AYDEN²

1. GİRİŞ

Günümüzde, dünya çapında artan çevresel sorunlar ve enerji ihtiyacının hızla büyümesi, yeşil teknoloji transferi ve sürdürülebilir enerji çözümlerine olan ihtiyacı ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, çevresel etkileri en aza indirirken enerji üretimini ve kullanımını optimize eden teknolojiler, yeşil teknoloji olarak adlandırılmaktadır. Aynı zamanda, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayan enerji üretim yöntemleri de sürdürülebilir enerji olarak tanımlanmaktadır.

Yeşil teknoloji transferi, gelişmiş ülkelerde geliştirilen çevre dostu teknolojilerin, gelişmekte olan ülkelere aktarılması anlamına gelir. Bu transfer, çevresel sorunların küresel çapta ele alınmasına ve sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji depolama sistemleri, enerji verimliliği teknolojileri ve karbon salınımını azaltma çözümleri gibi alanlarda yapılan yeşil

¹ Doktora Öğrencisi, Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Teknoloji ve Bilgi Yönetimi, tubaakpnr23@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6538-6993.

² Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, cayden@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7648-7973.

teknoloji transferi, enerji sektöründeki dönüşümü hızlandırmaktadır.

Sürdürülebilir enerji, fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel etkileri en aza indirirken enerji güvenliğini sağlayan bir yaklaşımı ifade etmektedir. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyoenerji gibi yenilenebilir kaynaklar, sürdürülebilir enerji üretiminde önemli bir role sahiptir. Bu kaynakların kullanımı, karbon ayak izini azaltarak iklim değişikliği ile mücadelede etkili bir araçtır.

Yeşil teknoloji transferi ve sürdürülebilir enerji, küresel düzeyde işbirliği ve yenilikçilik gerektiren bir alan olarak öne çıkmaktadır. Uluslararası toplumun, bilim dünyasının, özel sektörün ve devletlerin bu konuda birlikte hareket etmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği konularında önemli başarılar elde edilmesini sağlayacaktır. Bu çabalar, gelecek nesillere temiz bir çevre ve sürdürülebilir bir enerji sistemi bırakma amacı taşımaktadır.

Yeşil teknoloji ve sürdürülebilir enerji, sadece çevreyi korumakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik kalkınmayı teşvik eder ve enerji yoksulluğu ile mücadele ettiği söylenebilir. Bu bağlamda, teknolojik yeniliklerin desteklenmesi, politika düzenlemeleri ve toplumsal farkındalığın artırılması, yeşil teknoloji transferi ve sürdürülebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmak için kilit faktörlerdir. Gelecekte, bu alanlardaki yatırımların artması ve küresel işbirliğinin güçlenmesi, daha temiz, daha yeşil ve daha sürdürülebilir bir dünya için atılmış önemli adımları simgeliyor olacaktır.

2. YEŞİL TEKNOLOJİ

Teknolojik ilerlemeler, özellikle birinci sanayi devriminin buhar gücünden başlayarak ve siber-fiziksel sistemler ile elektrik,

elektronik ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte tarih boyunca endüstriyi kökten değiştirmiştir. Bu değişimler insanlığa geniş kapsamlı faydalar sağlamış olsa da sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel açıdan çeşitli tehditleri de beraberinde getirmiştir (Koştı, 2020: 132).

Yeşil teknoloji, binlerce yıldır var olan ve insanlığın çevreye karşı duyarlılığını gösteren bir yapı olarak tanımlanabilmektedir. Bu teknoloji, üretim aşamasından ürünlerin kullanımına kadar çevre dostu bir yaklaşım sergileyerek doğal kaynakların korunmasına ve insan faaliyetlerinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine hizmet etmektedir. Yeşil teknoloji, temiz enerji üretimi, atık geri dönüşümü ve zararlı emisyonların azaltılması gibi alanlarda sürdürülebilirliği destekleyen çözümler sunmaktadır. Yeşil ürünler ve bu teknolojiler çevre dostu olmaları ile karakterize edilmektedir. Enerji tasarrufu, geri dönüşüm, sağlık ve güvenlik standartları ve yenilenebilir kaynakların kullanımı gibi özellikler, çevre dostu ürün veya teknolojilerin geliştirilmesinde temel unsurlardır. Bu bağlamda yeşil teknoloji; çevre dostu ve sürdürülebilir olan ve insan faaliyetlerinin çevresel etkisini en aza indirmeyi amaçlayan bir yaklaşımı temsil etmektedir (CB Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024: 5).

Binlerce yıl önce Mısır'da gemilere güç sağlamak için rüzgârın kullanılması, tarihte yenilenebilir enerjinin öncü kaynaklarından birini temsil etmektedir. Yenilenebilir teknolojilerin ivme kazanmasının başlıca nedenleri, kaynakların tükenmesi ve fosil yakıtların azalması ve kirliliğin etkileri gibi çevresel sorunlardır. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de doğal kaynakların kıtlığı ve sınırlı kaynakların yoğun kullanımı nedeniyle pek çok sektörün çevre dostu teknolojilere yönelmesi gerekmektedir (Öztürk, 2021).

Modern teknoloji sadece karmaşık sistem ve ağlara sahip çeşitli donanımlara değil, aynı zamanda insan etkileşimine de dayanmaktadır (Yeşilorman ve Koç, 2014:120). Yeşil teknoloji girişimleri, ürünlerin tasarımından son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan süreci kapsayarak daha yeşil bir çevre yaratmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çevre dostu teknolojiler geliştirmek ve bunları daha güvenli hale getirmek büyük önem taşımaktadır. Teknolojinin üretimi ve kullanımı farklı kirlilik türlerine yol açmaktadır. Genel olarak, yeşil teknolojilerin tanıtımı, elektronik cihazların enerji tüketimini azaltmayı, eski cihazları uygun şekilde atmayı veya geri dönüştürmeyi, enerji tasarruflu cihazlar geliştirmeyi ve bunları çevre dostu bir şekilde kullanmayı amaçlamaktadır (Daştan ve Gürler, 2016:176).

Bu hedefler doğrultusunda yeşil teknoloji, bilgisayar ortamının kalitesini artırmayı ve teknolojinin çevresel etkisini azaltarak dünyayı daha sürdürülebilir bir yer haline getirmeyi amaçlamaktadır. Gelecek nesillere aktarılan bir teknoloji olarak yeşil teknoloji, mevcut ihtiyaçları karşılama yeteneğini korurken gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan çözümler sunmaktadır. Yeşil çözümlere yönelik artan yatırımlar, çevresel riskleri azaltmaya ve doğal kaynakları korumaya odaklanmaktadır. Çevre dostu teknoloji olarak da bilinen yeşil teknoloji, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda hızla gelişen ve dünya gündeminde önemli bir yer tutan bir alandır (Cantürk, 2021).

2.1. Yeşil Teknoloji Neden Kullanılır?

Yeşil teknolojinin ana hedefleri şunlardır: Küresel ısınmayı kontrol etmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve doğal kaynaklar üzerinde daha az etkisi olan ve insanların, hayvanların ve gezegenin sağlığına daha az zararlı olan yenilikçi buluşlar geliştirmek. Genel olarak yeşil teknoloji, çevresel riskleri azaltmaya ve doğal kaynakları korumaya odaklanır. Bu teknoloji

aynı zamanda yenilenemeyen kaynakların tükenmesini önlemek için temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir (Eçer vd., 2021:129).

Yeşil teknolojinin ilerlemesiyle birlikte gelecekte beklenen; yeni enerji üretim yöntemlerinin ortaya konması ve artan karbon emisyonlarının küresel iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılmasıdır. Yeşil teknoloji, fosil yakıtların kullanımını azaltarak sera gazı emisyonunu azaltmakta, geri dönüştürülebilir bileşenleri bir araya getirerek teknolojiyi yeşil bir çevreye yaklaştırmakta ve kirlilikten arındırılmış bir atmosfer yaratılmasına yardımcı olmaktadır (CB Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024: 6).

Yeşil teknoloji ürünlerine olan talep, teknolojinin genel olarak tanıtılması ve ilerlemesiyle birlikte artmıştır. Örneğin, yeşil bilgisayarlar güvenli bir şekilde imha edilebilen ve geri dönüştürülebilir malzemelerden yapılmış parçaları bir araya getirmeyi amaçlarken, inşaat sektörü de çevre dostu özellikleri bir araya getirerek ve sürdürülebilirlik odaklı yeşil binaları teşvik ederek yapı sektörünü geliştirmektedir. Yeşil teknoloji, birçok ülkenin kendilerini iklim değişikliğinin zararlı etkilerinden koruma çabalarında kilit bir rol oynamaktadır. Buna alternatif enerji kaynaklarının sağlanması, biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerin desteklenmesi, geri dönüşümün ve sürdürülebilirliğin teşvik edilmesi dahildir. Bu teknoloji, hava kirliliğinin yüksek can kaybına neden olması nedeniyle daha da kritik bir durumda olan ülkeler tarafından hızla benimsenmektedir (Qamar vd., 2021).

3. TEKNOLOJİ TRANSFERİ

Teknoloji, belirli hedeflere ulaşmak, sorunları çözmek ve doğayı kontrol etmek için edinilmiş beceri, bilgi, düşünce ve süreçlerin organize bir şekilde kullanılması anlamına

gelmektedir. Teknoloji, makineleri ve insan organizasyonlarını kapsayan karmaşık bir yapıdır ve insan çabası, bilimsel çalışma ve edinilen becerilerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu yapı, pratik uygulamaları mümkün kılan bilginin sistematik olarak uygulanmasını içermektedir. Aynı zamanda, araştırma ve teorik çalışma arasında bir köprü görevi görerek bilimsel bilginin pratik uygulamalara dönüştürülmesini sağlamaktadır. Teknoloji, gözleme dayalı ve kanıtlanmış bilgilerin uygulanması yoluyla doğaya hâkim olmayı amaçlamaktadır (İşman, 2001:1-2).

Teknoloji transferi, hızla gelişen yeni teknolojileri edinmenin, gerekli teknolojileri kısa sürede benimsemenin ve ileri teknolojik eğitim alanlarını takip etmenin en etkili ve en hızlı yöntemlerinden bir tanesidir (Tiryakioğlu, 2011:177-178). Başka bir deyişle, başkası tarafından geliştirilmiş ve test edilmiş bir teknolojiyi benimseyerek yeni teknoloji geliştirme riskini ortadan kaldırma stratejisidir. Bu strateji yeni teknolojilerin tanıtılmasında ana sorumluluğu üstlenmekle birlikte, yatırım ve risk yönetiminde de kilit rol oynamaktadır (Eren vd., 2015:307). Teknoloji transferi bireyler, kurumlar, sektörler ve bölgesel/uluslararası ekonomiler arasında bilgi ve deneyim aktarımıdır. Bu süreç, teknolojinin kaynaktan cihaza aktarıldığı ve bir kuruluşla işbirliği içinde ticari bir ürün veya süreç olarak kullanılmasını amaçlayan bir adaptasyon sürecidir. Teknoloji transferinin çeşitli amaçları arasında inovasyonu teşvik etmek, endüstrileri geliştirmek, istihdam olanakları yaratmak, kamu hizmetlerini iyileştirmek ve kalkınmayı desteklemek yer almaktadır. Son olarak, küreselleşen dünyada, iklim koşullarının ve teknolojiye erişimin hızlanması kadar teknoloji transferi ve adaptasyonu da hızla gelişmektedir. Bu hızlı gelişime ayak uydurmak için teknoloji transferiyle mücadele yöntemleri de gelişmektedir (Sarıhan, 1998: 20).

Teknoloji transfer süreci oldukça karmaşık bir yapıya olup, bu karmaşıklık gönderici ve alıcı arasındaki karmaşık

ilişkileri, göndericinin öğretme ve alıcının öğrenme süreçlerini içermektedir. Gerçek anlamda teknoloji transferinin gerçekleşebilmesi için iletişim kanalıyla aktarılan üretimin kullanılması, benimsenmesi, ürünlere ve üretim süreçlerine entegre edilmesi, ticari tekniklere veya pazarlama faaliyetlerine dayalı olarak yeni teknolojilere uyum sağlanması gerekmektedir (Bolatan ve Gözlü, 2018: 232). Ayhan (2002) tarafından yapılan çalışmaya göre, başarılı bir teknoloji transfer süreci beş kritik aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar şunlardır:

Teknolojik gelişmelerin gözlemlenmesi ve anlaşılması,

Teknoloji seçimi ve tedarigi,

Teknolojinin asimilasyonu ve adaptasyonu,

Araştırma ve geliştirme faaliyetleri ve teknoloji iyileştirme,

Yeni teknolojilerin yaratılması ve yayılması

İlk iki aşama teknoloji tedarik ve seçim aşamalarını temsil ederken, sonraki üç aşama teknolojinin kuruluş içinde benimsenmesini, yerleştirilmesini, değiştirilmesini ve son olarak özgün katkıların yapıldığı bir düzeye getirilmesini sağlamaktadır.

3.1. Teknoloji Transferi Yöntemleri

Teknoloji transferi ulusal kalkınma stratejilerinin önemli bir bileşenidir ve çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler üreticinin tercihlerine ve alıcının uyum kabiliyetine dayanmaktadır. Teknoloji transferinin iki temel türü vardır: Doğrudan ve dolaylı transfer. Dolaylı transfer genel kullanım için bilgi ve eğitim sağlanmasını içermekte iken, doğrudan transfer teknoloji transfer anlaşmaları, yabancı sermaye yatırımı, makine ve ekipman ithalatı, yabancı uzman istihdamı ve uluslararası taşeronluk gibi çeşitli yöntemlerle sağlanabilmektedir. Hangi transfer yönteminin tercih edileceği transfer ortamına, hükümet

politikasına ve mali ve teknolojik kapasiteye bağlıdır. Yabancı sermaye girişi için güven çok önemli bir faktördür ve bu da yabancı sermayenin çıkarları ile ülkenin çıkarları arasında bir denge kurulmasını gerektirmektedir. Ayrıca, sözleşme taraflarının hak ve yükümlülüklerinin yanı sıra, uygulanacak hukuk ve olası anlaşmazlıklarda izlenecek prosedür gibi konular da teknoloji transferinde önemli unsurlardandır (Arıkan, 2019).

Teknoloji transferi, teknik bilgi ve çözümlerin bir kaynaktan diğerine aktarılması sürecidir. Bu önemli süreçte kullanılan yaygın teknoloji transferi yöntemleri arasında lisanslama, ortak girişimler, doğrudan yabancı yatırım, satın alma, teknoloji işbirliği, teknoloji lisans anlaşmaları, bilgi ve personel transferi yer almaktadır. Lisanslama, teknoloji sahibinin başka bir kuruluşa teknolojiyi belirli bir süre veya belirli bir bölge için kullanma hakkı vermesi esasına dayanmaktadır. Bir ortak girişimde, iki veya daha fazla kuruluş bir proje geliştirmek ve uygulamak için birlikte çalışmaktadır. Doğrudan yabancı yatırım, teknoloji sahibi bir kuruluşun başka bir yere yatırım yaparak teknolojik avantajlardan yararlandığı bir yöntemdir. Satın alma, bir kuruluşun başka bir kuruluşu tamamen devralması anlamına gelir. Teknoloji işbirliğinde, farklı kuruluşlar içeriği birleştirmekte ve paylaşmaktadır. Teknoloji lisans anlaşmaları, belirli bir kuruluşa belirli bir miktar ödeme karşılığında teknolojiyi kullanma hakkı veren resmi sözleşmelerdir. Ayrıca, teknoloji transferi sadece teknik bilgi ile sınırlı olmayıp, insan kaynaklarının transferini de içermektedir. Franchising, bir iş modelinin ve markanın başka bir kuruluşa kiralanması veya satılması olarak tanımlanabilmektedir (Bradley, Hayter ve Link, 2013).

Eren ve diğerleri (2015) teknoloji transfer yöntemlerini genel olarak aşağıdaki gibi kapsamlı bir şekilde analiz etmiştir:

- Varlık edinimi (Satın alma)
- Lisans ve bilgi transferi anlaşmaları
- Franchise (franchising)
- Doğrudan yabancı yatırım
- Anahtar teslim projeler
- Ortak girişim
- Tedarik ilişkileri ve anlaşmaları
- Ar-Ge işbirlikleri
- Üniversite ve sanayi arasında işbirliği

3.2. Yeşil Teknolojilerin Transferi

Gelişmekte olan bölgelerde, Sürdürülebilir Kalkınma Girişimi ile birlikte çevre dostu teknoloji veya yeşil teknoloji kavramı ortaya atılmıştır. Anzola-Román ve diğerleri (2018) ile Hoang ve diğerleri (2020) tarafından belirtildiği üzere, bu yaklaşım yerel ihtiyaçlara ve koşullara uygun çevre dostu teknoloji uygulamaları geliştirmeyi amaçlamaktadır. Buna ek olarak, mevcut Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Xie ve diğerleri (2015) ve Hoang ve diğerleri (2020) tarafından vurgulandığı üzere yeşil mühendislik, sürdürülebilir tarım, akıllı şebekeler, sürdürülebilir enerji, yeşil üretim ve merkezi olmayan üretim gibi daha sürdürülebilir uygulamaların önemine işaret etmektedir. Bu durum, yeşil teknolojilerin kapsamlı bir şekilde geliştirilmesi ihtiyacını açıkça göstermektedir (Lema ve Lema, 2012; Birleşmiş Milletler, 2014).

Yeşil teknolojilerin geliştirilmesi uluslararası çevre anlaşmaları ve ulusal düzenlemelerle desteklenmektedir. Örneğin Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkeleri sera gazı emisyonlarını azaltmaya teşvik ederek esnek mekanizmalar aracılığıyla Temiz Kalkınma Mekanizmasını desteklemektedir. Bu mekanizmanın

temel amaçları sera gazı emisyonlarını küresel ölçekte azaltmak ve çevre teknolojilerinin gelişmekte olan ülkelere transferini teşvik etmektir. Buna ek olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki politika yapıcılar, sanayileşmiş ülkelerde yeşil teknolojilerin kullanılmasını teşvik eden ve kolaylaştıran yasalar çıkarmaktadır (Onuoha vd., 2017). Bu, yeşil teknolojinin küresel iklim değişikliği sorununa temel bir çözüm olduğu inancına dayanmaktadır (Werle ve Iversen, 2006; Hoang vd., 2020).

Önceki çalışmalar, yenilikçi ve çevre dostu teknolojilerin ticarileştirilmesi (Banerjee vd., 2010; Li vd., 2019) ve teknoloji transfer süreçlerinin iyileştirilmesi (Bozeman vd., 2013; Al. Tabbaa ve Ankrah, 2016) yoluyla ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde işbirliğinin önemini vurgulamıştır. Aynı zamanda, emisyon azaltıcı faaliyetleri teşvik etmeye yönelik önlemler de vurgulanmıştır (Sundblad vd., 2014; Hirano vd., 2016; Hoang vd., 2020). Ancak bu transfer sürecinin geçici başarısızlıkları ve bunların nedenleri hakkında çeşitli tartışmalar bulunmaktadır. Örneğin, uygulamada kısa süreli transferler (Lema ve Lema, 2012), teslim süreleri (Worrell vd., 2001), yetersiz transfer deneyimi (Xie vd., 2015) ve uyumsuz teknoloji gibi sorunlar araştırılmıştır.

Ayrıca, temiz üretim ve sürdürülebilir kalkınma için kurumsal inovasyon çabalarına ilişkin olarak kurumlar arası işbirliği üzerine çalışmalar yapılmıştır (Nooteboom, 1999). Daha yakın tarihli çalışmalar, dış ortaklardan bilgi, teknik yaklaşımlar ve teknoloji kaynakları edinerek dış deneyimi birleştiren ortaklık uygulamalarını vurgulamaktadır (Anzola-Roman vd., 2018; Hoang vd., 2020).

Yeşil enerji ve emisyon azaltma teknolojilerinin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde talep gördüğünü gösteren çalışmalar mevcuttur (Lema ve Lema, 2012). Bununla birlikte, fikri mülkiyet kaygıları nedeniyle, çevre teknolojilerinin

yalnızca gelişmiş ülkelerde dikkatli bir şekilde kullanıldığı kaydedilmiştir (Al-Tabbaa ve Ankrah, 2016). Gelişmekte olan ülkelerde yapılan araştırmalar, bu ülkelerdeki şirketlerin mevcut teknolojileri temiz ve enerji tasarruflu alternatiflerle değiştirme zorluğuyla karşı karşıya olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çevre teknolojilerinin bu ülkelere transferinin önündeki engellerden birinin, daha temiz operasyonlar için kurumsal baskıdan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Chatterji, 2016; König, 2020).

Farklı iş liderlerinin çevre teknolojilerine tepkileri, nasıl farklı stratejik kararlar aldıkları ve iş baskılarına nasıl yanıt verdikleri üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Sung ve Gibson, 2005; Zhang vd., 2011; Hoang vd., 2020). Bununla birlikte, bu süreçlerdeki etkili veya engelleyici faktörleri inceleyen ve özellikle GT uygulamaları ve gelişmekte olan ülkelerde benimsenme olasılığı açısından örgütsel rolleri dikkate alan çalışmaların eksikliği söz konusudur (Anzola-Roman vd., 2018; Hoang vd., 2020).

3.3. Gelişmekte Olan Dünyada Yeşil Teknoloji Transferi

Teknoloji, bir kuruluşun temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir; ürün ve hizmetleri pazara sunmak, operasyonel süreçleri iyileştirmek ve rekabet gücünü artırmak için kaynaklarla birlikte kullanılmaktadır (Dechezeleprêtre vd., 2009). Son zamanlarda, sürdürülebilir kalkınmanın yükselişi sektörde sürekli bir değişimi tetiklemiş ve çevre dostu ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini kolaylaştırmıştır. Bu da yeşil teknoloji ve yeşil teknoloji transferi ile ilgili ürün ve hizmetlerde bir değişime yol açmıştır (Oliveira ve Martins, 2011).

Yeşil teknoloji veya çevre teknolojisi olarak da bilinen GT, çevresel etkileri azaltmak ve doğal kaynakları korumak için çevre bilimi veya izleme teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanmasıyla ilgilenmektedir (Al-Tabbaa ve Ankrah, 2016).

GT transferi, yeşil teknolojilerin benimsenmesinin yalnızca kirliliği azaltmakla kalmayıp aynı zamanda daha temiz üretimi teşvik ederek ekonomik büyümeyi de artırdığını öne süren çalışmalardan ortaya çıkmaktadır (Copeland ve Taylor, 1994). Bu bağlamda, Grutter ve Egler (2004) ve Costa-Júnior vd. (2013) gibi araştırmacılar GT transferinin şirketlerin çevresel ve sosyal uygulamalarının temel bir unsuru olduğunu vurgulamaktadır.

Son yıllarda, uluslararası girişimler ve anlaşmalar yeşil teknoloji (GT) için kanalları ve mekanizmaları teşvik etmiştir. Özellikle, gelişmiş ülkelerden az gelişmiş ülkelere GT transferi çabaları bu girişimlerin merkezi bir parçası haline gelmiştir. Bu çalışmada teknoloji transferinin tanımı Dechezlepretre ve diğerleri (2009) ve hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2000) tarafından belirlenen ilkeler doğrultusunda ele alınmıştır. GT transferi üç ana şekilde gerçekleşebilir:

1. Basitçe GT dönemi.
2. GT ile ilgili bilginin aktarımı.
3. GT'nin yanı sıra bilgi aktarımı.

Bu bakış açısı, GT bilgi ve uzmanlığına sahip ülkelerin bu bilgi ve uzmanlığı daha düşük teknolojik kapasiteye sahip ülkelere aktarması gerektiğini vurgulamaktadır.

Cagno ve Trucco'ya (2008) göre, GT transferinin alıcı ülkelerdeki değeri ve dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmayı tetikleme potansiyeli, GT transferinin yöntemlerine bağlıdır. Teece (1977) GT transferlerini iki ana kategoriye ayırmaktadır. Bunlardan ilki, makine ve ekipmanların doğrudan GT göndericisinden GT alıcısına ithal edilmesiyle gerçekleşen GT transferidir. Bir diğer yöntem ise maddi olmayan GT transferidir ve deneyim ve bilginin gösteri projeleri ve teknik eğitim yoluyla aktarılmasını içermektedir. Bu şekilde bireyler bilgiyi teknoloji ile etkileşim yoluyla yorumlar. Bu iki tür GT transferi arasındaki

fark "birine balık vermek" veya "birine balık tutmayı öğretmek" olarak açıklanmaktadır.

İthal edilen gelişmiş GT, ev sahibi ülkelerin daha verimli olmalarını ve çevreye daha az zarar veren faaliyetlerde bulunmalarını sağlayabilir. Ancak, ileri teknoloji transferi alıcı ülkenin kendi GT'sini geliştirme kabiliyetini sınırlayabilmektedir. Öte yandan, maddi olmayan GT transferi, alıcı ülkenin teknik kabiliyetlerini geliştirerek gelecekte yeşil inovasyon için kullanılabilecek kapasiteyi artırabilmektedir (Costa-Júnior vd., 2013; Hoang, 2018).

1990'larda sanayileşmiş ülkelerde uygun maliyetlerle teknoloji transferinin başlaması, uluslararası endüstriyel transfer ve işbirliği eğilimini güçlendirmiş ve küresel teknoloji transferinin sonuçlarına yol açmıştır (Reddy ve Zhao, 1990; De Moortel ve Crispeels, 2018). Agovino ve ekibi (2016) teknolojik değişimlerin insan toplumu ve ekonomisindeki eğilimleri etkilediğini tespit etmiştir. Benzer şekilde, Shahsavari ve Akbari (2018) yeni teknolojilerin kirlletici faaliyetlerin azaltılmasında önemli bir rol oynarken, diğer operasyonel teknolojilerin özellikle Vietnam gibi gelişmekte olan ülkelerde kirliliği artırdığını göstermiştir. Vietnam'daki birçok sanayileşmiş bölgede, şirketler iç teknik iyileştirme kapasitesinden yoksundur ve üretim eski teknolojilerin ithalatına dayandığından kaynak tüketimine ve ekolojik hasara yol açmaktadır (Springer, 2018; Nguyen vd., 2019).

Ancak, dış ticaretin son dönemde hız kazanması ve tüketiciler ile paydaşlar arasında çevre koruma bilincinin artması, Vietnam'daki şirketleri teknoloji ithalat stratejilerini yeniden düşünmeye ve daha temiz teknolojilere odaklanmaya teşvik etmiştir (Springer, 2018; Nguyen vd., 2019; Hoang vd., 2020). Buna ek olarak, küreselleşme, dijitalleşme ve Vietnam'dan gelişmiş bölgelere bilgi akışının hızlanmasıyla birlikte, yeşil

teknolojiler de dahil olmak üzere yeni geliştirilen teknolojiler önemli ilerleme kaydetmiş ve Vietnam'daki iş liderlerinin ve politika yapımcıların dikkatini çekmiştir (Bui vd., 2020). Genel olarak GT transferi, temiz üretim çabalarına ve paydaş sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik kurumsal baskı olarak görülebilmektedir (Hoang, 2018; Jakhar vd., 2019).

Bununla birlikte, Vietnam'daki kuruluşlar bağlamında yeşil teknolojilerin uygulanmasına yönelik katkılar hala eksiktir ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4. Yeşil Teknoloji Transferinin Zorlukları

Yeşil teknoloji (GT) transferinin gelişmekte olan ülkelerdeki rolü, zaman içinde değişmiş olsa da büyük ilgi görmüştür. Teknoloji kullanan şirketlerin sadece sürdürülebilirliği teşvik etmek için değil, aynı zamanda kısa vadeli karlar elde etmek için de operasyonel süreçleri iyileştirdikleri iyi bilinmektedir (Cagno ve Trucco, 2008). GT şirketlerinin sunduğu benzersiz ticari ve teknik rekabet avantajları, üretkenliği artırmak, itibarı yükseltmek ve çevresel inovasyonu teşvik etmek gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir (Guan vd., 2006; Hoang, 2018). Ayrıca, GT'lerin geliştirilmesinin sanayileşmiş ülkelerde halihazırda devam ettiği göz önüne alındığında, bu GT'lerin transferinin gelişmekte olan ülkelerdeki sürdürülebilir kalkınma çabalarında kritik bir konu olduğu görülmüştür (Fu ve Zhang, 2011). GT transferi, gelişmekte olan ülkelerdeki şirketlerin teknolojik gelişime ayak uydurmasına, kalite ve çevre standartlarını karşılamasına ve bu teknolojiler olmadan ortaya çıkabilecek risklerden kaçınmasına yardımcı olabilir (Hoang, 2018; İslam ve Zaman, 2010).

Son zamanlarda, GT transferindeki zorluklara odaklanan çalışmalar, alıcı kuruluşların bakış açısından bu sürecin önündeki iç ve dış engelleri ortaya koymuştur. Dış engeller arasında, maddi olmayan GT'nin transferinin GT bağışçısı kuruluşlar için bir

sorun olduğu bulunmuştur; çünkü bu tür bir transfer, bilginin yayılmasıyla ilişkilidir ve bu da bilginin gelecekteki rakiplere aktarılması riskini taşır (Fu ve Zhang, 2011). Bu nedenle, GT donörleri teknik cihazlar sağlarken genellikle bilgi transferini önlemeye çalışmaktadır. Ayrıca, teknoloji donörlerinden kaynaklanan engellere ek olarak, yerel düzenlemelerden ve yasalardan kaynaklanan zorluklar da GT alıcıları için engel teşkil etmektedir. Bu düzenleyici engeller GT'nin yerine getirmesi gereken belirli gereklilikleri içerir ve zaman içindeki değişiklikler GT alıcıları için geliştirme, operasyonel ve satın alma döngüsünde endişeler yaratabilir (Lema ve Lema, 2012).

GT transferinin önündeki doğal engellere odaklanan mevcut literatür, özellikle operasyonel testlerin sınırlılıkları (Green, 1999), kullanılan teknolojilere ilişkin endişeler (Fu ve Zhang, 2011) ve GT'ye yönelik şüphecilik gibi teknik zorluklara odaklanmaktadır. Yeni ve test edilmemiş olmaları nedeniyle ortaya çıkabilecek teknik riskler ve uyumsuz teknolojiler, GT transferindeki teknik zorlukların temelini oluşturmaktadır (Lema ve Lema, 2012). Uyumsuz teknoloji ve buna bağlı teknik riskleri ele alan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Guan ve ekibi (2006), anlaşılması kolay, açık ve benzer teknolojik altyapıya sahip teknolojilerin transferinin daha sorunsuz olduğunu tespit etmiştir. Fu ve Zhang (2011) ise gelişmekte olan ülkeler bağlamında GT üzerine çalışmalar yapmış ve bu ülkelerdeki mevcut teknolojilerin çoğunun Rusya ve Çin tarafından geliştirilmiş olmasının ABD'den yeni teknoloji transferinde teknik engellerin varlığına işaret ettiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde, Costa-Júnior ve ekibi (2013) saha düzeyindeki teknik risk endişelerinin GT ve yeşil operasyonların uygulanmasında önemli bir engel olduğunu savunmuştur. Bu arada, Onuoha ve diğerleri (2017) alıcıların teknik risklere ilişkin endişelerinin GT'nin başarılı bir şekilde benimsenmesini olumsuz etkilediğini ileri sürmüştür. Bu çalışmalar, kuruluşların üst ve orta düzeylerinde

GT'ye yönelik mevcut engeller hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.

3.5. Yeşil Teknolojilerin Sağladığı Faydalar

Yeşil teknoloji enerji tüketimini azaltır ve kaynakların daha verimli kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler, ürünlerin yaşam döngüsünde enerji verimliliğini göz önünde bulundurarak üretim ve kullanım aşamasında tasarruf sağlamaktadır. Güneş panelleri, hidroelektrik ve rüzgar türbinleri gibi yeşil teknolojiler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaktadır.

Atıkların azaltılması açısından yeşil teknoloji, geri dönüşüm ve kullanılmış kaynakların verimli bir şekilde geri kazanılması yoluyla atıkların azaltılmasını sağlamaktadır. Bu, gezegenimizdeki atık miktarını azaltırken doğal kaynakların korunmasına da yardımcı olmaktadır. Örneğin, kağıt geri dönüşümü ormansızlaşmayı azaltarak doğal kaynakları korumaktadır. Artan sürdürülebilirlik ve çevre bilinciyle birlikte ürün tasarımı ve performansı daha verimli ve çevre dostu hale gelmiştir. Dijital ikizler ve makine öğrenimi gibi teknolojiler, ürünlerin performansını ve dayanıklılığını artırırken karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Yeşil teknoloji uzun vadeli maliyet tasarrufu ve rekabet avantajları sağlamaktadır. Örneğin, evler güneş panelleriyle kendi elektriklerini üreterek paradan tasarruf edebilir ve kirliliği azaltabilir. Çevre dostu tarım yöntemleri su tüketimini azaltarak tarımsal verimliliği artırır. Hidroponik gibi teknolojiler daha az suyla daha fazla ürün yetiştirilmesine olanak tanır. Aynı zamanda, atık su ıslah sistemleri yeni tatlı su kaynakları kullanmadan suyu geri kazanarak tarımsal, endüstriyel ve kentsel kullanım için uygun hale getirmektedir. Yeşil teknolojiler hava kirliliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Elektrikli ve hibrid

araçların kullanımı ve temiz enerji kaynaklarından elektrik üretimi hava kirliliğini azaltabilir. Ayrıca sürdürülebilir kentsel gelişim, şehirlerdeki yeşil alan miktarını artırarak hava kalitesini iyileştirir. Yeşil teknoloji, karbon ayak izini azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yeşil alanların korunması ve geri dönüşüm süreçlerinin etkin kullanımı CO2 emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunur. Bu teknolojilerin benimsenmesi şirketlerin çevresel itibarını artırmakta, yeni istihdam olanakları yaratmakta ve gelecekteki çevre düzenlemelerine uyum sağlamada avantaj sağlamaktadır (Sustainability Success, 2023).

4. SONUÇ

Yeşil teknolojiler sadece günümüzün çevre sorunlarıyla mücadele etmekle kalmıyor, aynı zamanda ekonomik ve sosyal faydalar sağlayarak sürdürülebilir bir geleceğin temellerini oluşturmaktadır. Ancak bu yenilikçi çözümlerin küresel ölçekte benimsenmesi ve kullanılması için önemli bir araç olan teknoloji transferi süreci bir takım zorluklarla karşı karşıyadır.

Teknoloji transferi, yeşil çözümleri geliştirmekte olan ülkelerle paylaşmayı ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Ancak, aşılamayan engeller bulunmaktadır. Bu engellerin başında geliştirmekte olan ülkelerin yeşil teknolojilere erişimindeki zorluklar gelmektedir. Bunlardan ilki finansman sorunlarıdır. Yeşil teknolojilere geçiş, altyapının güçlendirilmesi ve sürdürülebilir enerji projelerinin uygulanması maliyetlidir. Geliştirmekte olan ülkeler bu yatırımları karşılamakta güçlük çekebilir ve bu da teknoloji transferini engelleyebilir. İkinci olarak, mevzuat uyumsuzlukları da önemli bir engeldir. Geliştirmekte olan ülkelerde yeşil teknolojilere geçiş için gerekli

altyapı ve düzenlemelerin eksikliği bu teknolojilerin uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Teknoloji transferini hızlandırmak için ulusal düzeyde uyumlaştırılmış mevzuatın oluşturulması önemlidir. Teknoloji transferinin önündeki diğer zorluklar arasında yerel kapasite eksikliği, teknik bilgiye erişimdeki kısıtlamalar ve bilgi paylaşımının önündeki engeller yer almaktadır. Bu faktörler yeşil teknolojilere geçişi daha karmaşık ve zaman alıcı hale getirebilir. Bu sorunlara rağmen, teknoloji transferi sürecini iyileştirmek ve hızlandırmak için çeşitli önlemler alınabilir. Uluslararası işbirliği ve finansman mekanizmalarının güçlendirilmesi, yerel kapasitenin artırılması için eğitim programlarının düzenlenmesi ve mevzuat uyumsuzluklarının giderilmesi için destek sağlanması gibi tedbirler bu süreci kolaylaştırabilir. Yeşil teknolojilerin sürdürülebilir bir dünyanın inşasında kilit bir rol oynayabilmesi için teknoloji transfer sürecinin daha etkin ve kapsamlı bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu da uluslararası toplumun ortak çabaları ve kararlılığı ile mümkün olacaktır.

Yeşil teknolojilerin transferi, enerji-çevre ilişkisinin şekillenmesinde önemli bir rol oynamakta ve sürdürülebilir bir enerji üretim ve tüketim modelinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Bu transfer süreci, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yoluyla fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlara etkili bir çözüm sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgar, hidroelektrik ve biyokütle gibi doğal kaynaklardan elde edilen enerjiyi kapsamaktadır. Bu kaynaklar, karbon emisyonlarını azaltarak ve kirlilikle mücadele ederek iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Fosil yakıtların neden olduğu hava ve su kirliliği ile toprak erozyonu gibi sorunlar yeşil teknolojilerle tersine çevrilebilmektedir. Sürdürülebilir enerji üretimi yeşil teknolojilerin ana hedeflerinden biridir. Bu teknolojiler güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve hidroelektrik santralleri gibi

kaynaklardan elde edilen enerjiyi verimli bir şekilde kullanma potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknolojilerin yerleşik hale gelebilmesi için enerji altyapısında önemli değişiklikler yapılması gerekmektedir. Geleneksel enerji altyapısı genellikle fosil yakıtlara dayanmakta ve bu da çevresel sorunlara yol açmaktadır. Yeşil teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için enerji altyapısının yeniden yapılandırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen bir altyapının oluşturulması gerekmektedir. Bu, şebekeye entegre enerji depolama sistemlerini, akıllı şebekeleri ve sürdürülebilir enerji projelerini içermelidir. Enerji altyapısındaki bu değişiklikler yeşil teknolojilerin yaygınlaşmasını destekleyerek enerji üretiminin sürdürülebilirliğini sağlayabilir. Aynı zamanda bu değişim ekonomik ve sosyal faydalar sağlayabilir, yeni istihdam olanakları yaratabilir ve enerji güvenliğini artırabilir. Sonuç olarak, yeşil teknolojilerin transferi ve bu teknolojilerin yaygınlaşması enerji-çevre ilişkisinde önemli bir dönüşüme yol açabilir. Bu süreç sadece çevresel sorunlara etkili bir çözüm sunmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji geleceğine doğru atılan bir adımı temsil eder. Enerji altyapısındaki bu değişiklikler küresel ölçekte olumlu bir etki yaratabilir ve gelecek nesillere daha temiz ve sağlıklı bir çevre bırakma hedefini destekleyebilir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, yeşil teknolojilerin sürekli evrimini tetikleyerek çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli ilerlemeler kaydetmelerini sağlamaktadır. Bu gelişmeler, yenilikçi çözümler, enerji depolama teknolojilerindeki ilerlemeler, akıllı şebekeler ve çevre dostu malzemeler gibi alanlara odaklanarak yeşil teknolojilerin etkinliğini artırmakta ve maliyetini düşürmektedir. Yenilikçi çözümler, yeşil teknolojilerin zorluklarına yönelik yaratıcı yaklaşımların bir sonucudur. Bilimsel araştırmalar ve teknolojik gelişmeler güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve

biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin ve verimli enerji üretimini mümkün kılan çözümler ortaya koymaktadır. Enerji depolama teknolojilerindeki ilerlemeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının dalgalı doğasını dengelemede ve enerji talebini karşılamada çok önemli bir rol oynamaktadır. Gelişmiş batarya teknolojileri enerji depolama kapasitesini artırmakta ve enerjiyi daha verimli bir şekilde depolama ve kullanma fırsatı sunmaktadır. Akıllı şebekeler, enerji iletimini ve dağıtımını daha etkin bir şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemler enerji tüketimini optimize etmek, enerji talebine anında yanıt vermek ve enerji kaynaklarını daha etkin bir şekilde yönetmek için tasarlanmıştır. Bu da enerji altyapısını daha esnek ve sürdürülebilir hale getirmekte ve yeşil teknolojilerin entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Çevre dostu malzemelerin kullanımı, özellikle yeşil bina ve enerji üretimi alanlarında çevre üzerindeki etkiyi azaltmayı amaçlamaktadır. Bu malzemeler, enerji verimliliğini artırarak ve atık üretimini en aza indirerek yeşil teknolojilerin çevresel etkisini en aza indirmektedir. Sonuç olarak, bilimsel ve teknolojik gelişmeler yeşil teknolojilerin gelişimini hızlandırmakta ve daha verimli, ekonomik ve çevre dostu çözümler sağlama potansiyelini artırmaktadır. Bu gelişmeler sürdürülebilir bir enerji geleceğine doğru önemli bir adımı temsil etmekte ve yeşil teknolojilerin küresel olarak benimsenmesini teşvik etmektedir.

Dolayısıyla yeşil teknolojilerin küresel ölçekte benimsenmesi sadece bilimsel ve teknolojik ilerlemelerle sınırlı kalmamakta; siyasi irade, finansal destek ve küresel işbirliğiyle güçlendirilmiş çabaları da gerektirmektedir. Bu evrimsel süreçte teknoloji transferinin zorluklarını aşmak, enerji-çevre ilişkisini sürdürülebilir bir yönde dönüştürmek ve gelecek nesillere yaşamaya değer bir dünya bırakmak için kararlı çabalar sarf etmek gerekmektedir. Sürdürülebilirlik bu çabaların merkezine yerleştirilmelidir, çünkü geleceğimizi şekillendirirken sadece

çevreyi değil, ekonomiyi ve toplumları da göz önünde bulundurmalıyız. Yeşil teknolojiler bu hedeflere ulaşmada çok önemli bir rol oynamaktadır ve bu nedenle küresel düzeyde yaygın olarak desteklenmelidir.

Teknoloji transferindeki zorluklar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yeşil teknolojilere erişimi sınırlandırdığı ve bunların uygulanmasını zorlaştırdığı için önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu bağlamda, teknoloji transferini kolaylaştırmak için siyasi iradenin oluşturulması, küresel düzeyde eşitlik ve adalete odaklanan politikaların geliştirilmesi, mali kaynakların sağlanması ve etkin yönetişimin tesis edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yeşil teknolojilerin yaygınlaşması sadece çevre dostu enerji üretimine katkıda bulunmakla kalmaz; aynı zamanda yeni iş imkanları yaratır, ekonomik büyümeyi destekler ve toplumları daha dirençli hale getirir. Bu nedenle, finansal destek mekanizmaları ve teşvik tedbirleri, özel sektörü yeşil teknolojilere yatırım yapmaya teşvik ederek sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunu güçlendirmelidir.

Bu nedenle, gelecek nesillere yaşamaya değer bir dünya miras bırakabilmek için küresel sürdürülebilirlik anlayışının güçlendirilmesi gerekmektedir. Yeşil teknolojiler bu hedeflere ulaşmak için önemli bir araçtır ve dünya çapında desteklenmelidir, çünkü ancak uluslararası işbirliği ile bu büyük zorlukların üstesinden gelebilir ve sürdürülebilir bir gelecek inşa edebiliriz.

KAYNAKÇA

- Agovino, M., Garofalo, A. and Mariani, A. (2016), “Effects of environmental regulation on separate waste collection dynamics: empirical evidence from Italy”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 124, pp. 30-40.
- Al-Tabbaa, O. and Ankrah, S. (2016), “Social Capital to facilitate ‘engineered’ university–industry collaboration for technology transfer: a dynamic perspective”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 104, pp. 1-15.
- Anzola-Rom_an, P., Bayona-S_aez, C. ve García-Marco, T. (2018), “Organizational innovation, internal R&D and externally sourced innovation practices: Effects on technological innovation outcomes”, *Journal of Business Research*, Vol. 91, pp. 233-247.
- Arıkan, A. L. Y. (2019). Teknoloji transfer yöntemleri. *İdarecinin Sesi Dergisi* (192) Kasım-Aralık.
- Ayhan, A. (2002). *Dünden bugüne türkiye’de bilim-teknoloji ve geleceğin teknolojileri*, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Banerjee, S., Mudliar, S., Sen, R., Giri, B., Satpute, D., Chakrabarti, T. ve Pandey, R.A. (2010), “Commercializing lignocellulosic bioethanol: technology bottlenecks and possible remedies”, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Vol. 4 No. 1, pp. 77-93.
- Bolatan, G. İ. S., & Gözlü, S. (2018). Teknoloji transfer performansının kalite performansına etkisi. *Ege Akademik Bakis*, 18(2), 231-241.
- Bozeman, B., Fay, D. and Slade, C.P. (2013), “Research collaboration in universities and academic entrepreneurship: the-state-of-the-art”, *The Journal of Technology Transfer*, Vol. 38 No. 1, pp. 1-67.

- Bradley, S. R., Hayter, C. S., & Link, A. N. (2013). Models and methods of university technology transfer. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, 9(6), 571-650.
- Cagno, E., Trucco, P. (2008), “Cleaner technology transfer in the Italian galvanic industry: economic and know-how issues”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16 No. 1, pp. S32-S36.
- Cantürk, S. (2021). *21. YY'da konvansiyonel kalkınmadan dijital kalkınmaya dönüşüm ve Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasına etkileri* (Master's thesis, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- CB Dijital Dönüşüm Ofisi, (2024). Yeşil Teknolojiler. <https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/2..%20Aras%CC%A7t%C4%B1rmaRaporu-Yes%CC%A7ilTeknolojiler.pdf>.
- Chatterji, M. (Ed.). (2016), *Technology Transfer in the Developing Countries*, Springer.
- Copeland, B.R. and Taylor, M.S. (1994), “North-South trade and the environment”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 109 No. 3, pp. 755-787.
- Costa-Júnior, A., Pasini, K. ve Andrade, C. (2013), “Clean development mechanism in Brazil: an instrument for technology transfer and the promotion of cleaner technologies?”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 46, pp. 67-73.
- Daştan, İ., & Gürler, C. (2016). Green IT Ürün Tercihlerinde Tüketici Satın Alma Niyetlerini Etkileyen Faktörlerin Tespiti. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(1).
- De Moortel, K. ve Crispeels, T. (2018), “International university-university technology transfer: Strategic management

- framework”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 135, pp. 145-155.
- Dechezleprêtre, A., Glachant, M., ve Ménière, Y. (2009), “Technology transfer by CDM projects: a comparison of Brazil, China, India e Mexico”, *Energy Policy*, Vol. 37 No. 2, pp. 703-711.
- Eren, H., Kılıç, A., & Balcı, H. (2015). Savunma Sanayii İçin Teknoloji Transfer Yöntemi Seçimi. *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 20(4).
- Fu, X. ve Zhang, J. (2011), “Technology transfer, indigenous innovation and leapfrogging in green technology: the solar-PV industry in China and India”, *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, Vol. 9 No. 4, pp. 329-347.
- Green, D. (1999), “Cross cultural technology transfer of sustainable energy systems: a critical analysis”, *Renewable Energy*, Vol. 16 Nos 1/4, pp. 1133-1137.
- Grutter, J.M. ve Egler, H.P. (2004), “From cleaner production to sustainable industrial production modes”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12 No. 3, pp. 249-256.
- Guan, J.C., Mok, C.K., Yam, R.C., Chin, K.S. ve Pun, K.F. (2006), “Technology transfer and innovation performance: evidence from Chinese firms”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 73 No. 6, pp. 666-678.
- Hirano, Y., Ihara, T. ve Yoshida, Y. (2016), “Estimating residential CO2 emissions based on daily activities and consideration of methods to reduce emissions”, *Building and Environment*, Vol. 103, pp. 1-8.

- Hoang, C.V., Hoang, T.G. and Kane, V. (2020), “Technological approaches to sustainability”, in Crowther, D. and Seifi, S. (Eds), *The Palgrave Handbook of Corporate Social Responsibility*, PalgraveMacmillan, London, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22438-7_37-1
- Hoang, T. (2018), “The role of the integrated reporting in raising awareness of environmental, social and corporate governance (ESG) performance”, *Stakeholders, Governance and Responsibility (Developments in Corporate Governance and Responsibility, Vol. 14, Emerald Publishing Limited, pp. 47-69, available at: <https://doi.org/10.1108/S2043-052320180000014003>*
- Hoang, T.G., Hoang, C.V., Vu, N., Nguyen, G.N.T. ve Nguyen, T.T. (2020), “How can scientists and engineers contribute to organisational sustainability reform?”, *Social Responsibility Journal*, Vol. 16 No. 6, pp. 827-841, available at: <https://doi.org/10.1108/SRJ-10-2019-0360>
- Islam, M.R. ve Zaman, M.K. (2010), “Looming global warming-induced sea rise and transfer of green technology to the least-developed countries: challenges and options for submersible Bangladesh”, *European Intellectual Property Review*, Vol. 32 No. 12, pp. 643-652.
- İşman, A. (2001). Teknolojinin felsefi temelleri. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (1).
- Jakhar, S.K., Mangla, S.K., Luthra, S. ve Kusi-Sarpong, S. (2019), “When stakeholder pressure drives the circular economy”, *Management Decision*, Vol. 57 No. 4, pp. 904-920
- Koştı, G. (2020). Sanayi 4.0 ve teknoloji bileşenleri. *Journal of Business Innovation and Governance*, 3(2), 131-144.

- König, W. (2020), “Energy efficiency in industrial organizations – a cultural-institutional framework of decision making”, Energy Research and Social Science, Vol. 60, p. 101314.
- Lema, R. ve Lema, A. (2012), “Technology transfer? The rise of China and India in green technology sectors”, Innovation and Development, Vol. 2 No. 1, pp. 23-44.
- Li, B., Udugama, I.A., Mansouri, S.S., Yu, W., Baroutian, S., Gernaey, K.V. and Young, B.R. (2019), “An exploration of barriers for commercializing phosphorus recovery technologies”, Journal of Cleaner Production, Vol. 229, pp. 1342-1354.
- Nguyen, H., ; Hoang, T.G. ve Luu, H. (2019), “Corporate social responsibility in Vietnam: Opportunities and innovation experienced by multinational corporation subsidiaries”, Social Responsibility Journal, Vol. 16 No. 6, pp. 771-792, available at: <https://doi.org/10.1108/SRJ-02-2019-0082> IJOA 30,3 718
- Nooteboom, B. (1999), “Innovation and inter-firm linkages: New implications for policy”, Research Policy, Vol. 28 No. 8, pp. 793-805.
- Oliveira, T. ve Martins, M.F. (2011), “Literature review of information technology adoption models at firm level”, Electronic Journal of Information Systems Evaluation, Vol. 14 No. 1, p. 110.
- Onuoha, I.J., Kamarudin, N., Aliagha, G.U., Okeahialam, S.A., Atilola, M.I. ve Atamamen, F.O. (2017), “Developing policies and programmes for green buildings: what can Nigeria learn from Malaysia’s experience”, International Journal Real Estate Studies, Vol. 11 No. 2, pp. 50-58.
- Öztürk, H. H., (2021). Yenilenebilir Enerji Kaynakları . İstanbul: Birsen Yayınevi.

- Qamar, M. Z., Ali, W., Qamar, M. O., & Noor, M. (2021). Green technology and its implications worldwide. *The Inquisitive Meridian*, 3, 1-11.
- Reddy, N.M. ve Zhao, L. (1990), “International technology transfer: a review”, *Research Policy*, Vol. 19 No. 4, pp. 285-307.
- Sarıhan, H. İ. (1998). Rekabette başarının yolu teknoloji yönetimi. Desnet Yayınları.
- Shahsavari, A. ve Akbari, M. (2018), “Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 90, pp. 275-291.
- Springer, C. (2018), “Assessing energy intensity and retrofit opportunities for the aluminium industry: Lessons from Vietnam”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 131, pp. 235-246.
- Sundblad, E.L., Biel, A. ve Gärling, T. (2014), “Intention to change activities that reduce carbon dioxide emissions related to worry about global climate change consequences”, *European Review of Applied Psychology*, Vol. 64 No. 1, pp. 13-17.
- Sung, T.K. ve Gibson, D.V. (2005), “Knowledge and technology transfer grid: empirical assessment”, *International Journal of Technology Management*, Vol. 29 Nos 3/4, pp. 216-230.
- Sustainability Success, <https://sustainability-success.com/benefits-of-green-technology/>, Erişim Tarihi: 27.04.2025
- Teece, D.J. (1977), “Technology transfer by multinational firms: the resource cost of transferring technological know-

- how”, The Economic Journal, Vol. 87 No. 346, pp. 242-261.
- Tiryakioğlu, M. (2011). Teknoloji Transferi, Teknoloji Yoksulluğu mu?. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 66(02), 169-199.
- Werle, R. ve Iversen, E.J. (2006), “Promoting legitimacy in technical standardization”, Science, Technology and Innovation Studies, Vol. 2 No. 1, pp. 19-39.
- Worrell, E., Van Berkel, R., Fengqi, Z., Menke, C., Schaeffer, R. ve Williams, R.O. (2001), “Technology transfer of energy efficient technologies in industry: a review of trends and policy issues”, Energy Policy, Vol. 29 No. 1, pp. 29-43.
- Xie, X., Huo, J., Qi, G. ve Zhu, K.X. (2015), “Green process innovation and financial performance in emerging economies: Moderating effects of absorptive capacity and green subsidies”, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 63 No. 1, pp. 101-112.
- Yeşilorman, M., & Firdevs, K. (2014). Bilgi Toplununun Teknolojik Temelleri Üzerine Eleştirel Bir Bakış. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 117-133.
- Zhang, X., Shen, L. ve Wu, Y. (2011), “Green strategy for gaining competitive advantage in housing development: a China study”, Journal of Cleaner Production, Vol. 19 No. 2-3, pp. 157-167.

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: GELECEĞİN ENERJİ SİSTEMLERİ

Tuba AKPINAR¹

Cem AYDEN²

1. GİRİŞ

Artan küresel enerji talebi, sınırlı fosil yakıt rezervleri ve iklim değişikliğinin giderek daha belirgin hale gelen etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarını her zamankinden daha önemli hale getirmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine 21. yüzyılda ulaşmak için enerji üretiminde düşük karbonlu teknolojilere geçiş elzem hale gelmiştir (IEA, 2021). Bu bağlamda rüzgâr, biyokütle, hidro ve deniz enerji kaynakları hem çevresel sürdürülebilirlik hem de enerji güvenliği açısından stratejik öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının temel avantajı, doğal süreçlere dayanmaları ve karbon-nötr veya düşük emisyonlu enerji üretimine olanak sağlamalarıdır. Örneğin rüzgar enerjisi teknolojileri 1980'lerden bu yana hızla gelişmiştir ve şu anda birçok ülkenin enerji portföyünün önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Kaldellis & Zafirakis, 2011). Biyokütle enerjisi, sera gazı emisyonlarını azaltırken tarımsal ve ormancılık atıklarını kullanarak döngüsel ekonomiye katkıda bulunur (Demirbaş, 2001). Yüzyıllardır yenilenebilir bir enerji kaynağı

¹ Doktora Öğrencisi, Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Teknoloji ve Bilgi Yönetimi, tubaakpnr23@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6538-6993.

² Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, cayden@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7648-7973.

olan hidroelektrik, bugün hala küresel elektrik üretiminde en büyük paya sahiptir (Zhou vd., 2017). Deniz enerjisi teknolojileri, özellikle dalga ve gelgit enerjisi, son yıllarda gelişmiştir ve gelecekteki enerji geçişi için yenilikçi çözümler sunmaktadır (Khan vd., 2017).

Türkiye açısından bakıldığında, yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Rüzgâr ve hidroelektrik potansiyeli ile öne çıkan Türkiye, biyokütle ve deniz enerjisine yönelik araştırma ve yatırımları da hızlandırmaktadır (Karakaya & Özçağ, 2018; Özkan, Yüksel & Genç, 2013). Bu durum, Türkiye'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Paris İklim Anlaşması gibi uluslararası taahhütleri yerine getirmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu nedenle, bu çalışma yenilenebilir enerji kaynaklarının dört temel bileşenini analiz etmektedir: Rüzgar, biyokütle, hidro ve deniz enerji sistemleri ve bunların tarihsel gelişimi, teknolojik durumu, faydaları ve zorlukları kapsamlı bir şekilde incelenmektedir.

2. YEŞİL TEKNOLOJİLERİ MÜMKÜN KILAN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Yeşil teknolojiler, çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler sunarak doğal kaynakları korumayı, enerji verimliliğini artırmayı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşmak için bilimsel ve teknolojik gelişmeler büyük önem taşımaktadır. İşte yeşil teknolojileri mümkün kılan bazı önemli bilimsel ve teknolojik gelişmeler:

2.1. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri

Artan enerji talebi ve temiz enerjiye duyulan ihtiyaç, enerji sektörünün odak noktalarından biri olan batarya teknolojisini ön plana çıkarıyor. Bu alandaki gelişmeler, özellikle

de lityum-iyon pil teknolojisindeki ilerlemeler, sektörde kayda değer bir dönüşüme yol açmaktadır. Gelişmiş depolama çözümleri ve akıllı enerji teknolojileri, enerji üreticilerinin ve dağıtım şirketlerinin güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili üretimini daha etkin bir şekilde yönetmelerini sağlamaktadır.

Aynı zamanda daha ekonomik, daha güçlü ve daha uzun ömürlü bataryaların geliştirilmesi elektrikli araç pazarının büyümesini desteklemektedir. Buna ek olarak, küçük modüler reaktörlerin yapımındaki teknolojik gelişmeler, sınırlı altyapıya sahip veya diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına erişimi kısıtlı olan bölgelerde güvenilir ve karbonsuz enerji üretme imkanı sunarak çevresel etkiyi azaltmakta ve geleneksel nükleer reaktörlerin potansiyel güvenlik risklerini en aza indirmektedir (Efe ve Güngör, 2021).

2.2. Yeşil Hidrojen

Yeşil hidrojen, sadece yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik kullanılarak suyun elektroliziyle üretilmektedir. Bu üretim sürecinde sadece oksijen açığa çıkar ve hiçbir yan ürün oluşmaz, dolayısıyla karbon emisyonu da gerçekleşmez. "Yeşil" olarak etiketlenebilmesi için hidrojenin yenilenebilir kaynaklardan veya karbon yakalama ve depolama teknolojisine sahip karbon kaynaklarından üretilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım hidrojen üretiminin çevresel etkisini en aza indirir ve karbon emisyonlarını ortadan kaldırarak hidrojeni sürdürülebilir bir enerji kaynağı haline getirmektedir (Dick ve Karell, 2022).

Literatürdeki çalışmalar, yeşil hidrojenin enerji sistemlerinde dönüştürücü bir rol oynayacağını vurgulamaktadır. Farah, Bokde ve Andresen (2024), yenilenebilir enerjilerle entegre sistemlerde yeşil hidrojen üretiminin maliyetler ve CO₂ emisyonları açısından optimize edilebileceğini göstermiştir.

Curcio (2025) tekno-ekonomik analizinde, daha yüksek elektroliz verimliliği ve politika teşvikleri sayesinde yeşil hidrojenin maliyetinin 2031 yılına kadar 1 USD/kg'a düşebileceğine işaret etmektedir. Bu sonuçlar, yeşil hidrojenin sadece çevresel açıdan değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da rekabetçi bir alternatif haline geldiğini göstermektedir.

Yeşil hidrojenin faydaları arasında karbon emisyonlarını nötralize etme, enerji güvenliğini artırma ve endüstri ve ulaşımında fosil yakıtların yerini alma kabiliyeti bulunmaktadır. Yeşil hidrojen bu nedenle sürdürülebilir bir enerji politikasının merkezinde yer almakta ve dünya çapında “enerjinin geleceği” olarak kabul edilmektedir.

2.3. Bulut Depolama

Bilgisayarlar, sabit diskler ve sunucular büyük miktarda elektrik tüketir. Ancak teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bilgi işleme daha verimli hale gelmiştir. Önemli bir yenilik olan bulut depolama, kullanıcıların verileri her yerden hızlı ve güvenli bir şekilde depolamasına ve büyük miktarda veriyi üçüncü taraf sunucularda barındırarak neredeyse sınırsız depolama alanı sağlamasına olanak tanır. Bu yöntem sadece enerji tasarrufu sağlamakla kalmamış, aynı zamanda çok fazla güç gerektiren dağıtık bilgisayar ağlarını belirli merkezlerde birleştirerek daha verimli bir yapı oluşturmuştur (Çelik, 2021).

Bulut bilişim, depolama ve operasyonları internet tabanlı dijital bir alana taşıyarak enerji talebini ve tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu aynı zamanda CO2 emisyonlarında da önemli bir azalma sağlamaktadır. Ayrıca bulut bilişim sayesinde donanım gereksinimlerinin azalması, fiziksel ürünlerin çevresel atık haline gelmesini önlemektedir. Bulut bilişimin bir diğer önemli katkısı da, kaynakları farklı kullanıcılar arasında paylaştırarak bilgi teknolojileri kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlamasıdır (CB Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024:8).

Bu sürecin çevresel etkilerini değerlendirmek için geliştirilen göstergelerden biri de Google tarafından kullanılan “Karbonsuz Enerji” (CFE) göstergesidir. Bu gösterge, veri merkezlerinde tüketilen enerjinin iklim açısından nötr olup olmadığını ölçmekte ve enerji tüketiminin şeffaf bir şekilde raporlanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla bulut bilişim yalnızca operasyonel verimliliği artırmaya yönelik bir yenilik değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik için de kilit bir teknolojidir (Lifewire, 2023).

Akademik çalışmalar da bulut depolamanın enerji verimliliğine katkısını ortaya koymaktadır. Linthicum, Andersson ve Khan (2022) veri merkezlerinde sanallaştırma, uygulama dağıtımı ve yapay zeka tabanlı optimizasyon tekniklerinin %1,6 ila %97 arasında enerji tasarrufu sağlayabileceğini göstermiştir. Verdantix tarafından yapılan bir çalışma, bulut bilişim çözümlerine geçen şirketlerin yılda yaklaşık 85,7 milyon ton CO₂ emisyonunu önlediğini ortaya koymuştur (Energy Digital, 2024).

Bu nedenle bulut depolama, yalnızca bilgi teknolojisinde daha fazla verimlilik sağlayan bir yenilik olarak değil, aynı zamanda enerji tasarrufu sağlayarak ve CO₂ emisyonlarını azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyen yeşil bir teknoloji olarak da öne çıkmaktadır.

2.4. Elektrikli Araçlar

Elektrikli araçlar, ulaştırma sektörünün karbondan arındırılması için en önemli teknolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. İçten yanmalı motorlara (ICE) sahip araçlarla karşılaştırıldığında, en büyük avantajları neredeyse CO₂ içermeyen emisyonları ve yüksek enerji verimlilikleridir. Elektrik motorları enerjiyi elektrokimyasal olarak dönüştürdüğünden, zararlı egzoz gazları yaymazlar ve böylece hava kirliliğinin

azaltılmasına önemli bir katkıda bulunmaktadırlar (Güven & Gedik, 2019).

Elektrikli araçların sürdürülebilirlik etkisi üzerine yapılan araştırmalar, bu araçların kentsel hava kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, Wang, Zhang ve Li (2023) Wuhan'da yürüttükleri bir çalışmada elektrikli araç kullanımının karbon ayak izini azalttığını ve kentsel yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermiştir. Benzer şekilde, Khan ve Akram (2025) tarafından yapılan bibliyometrik bir inceleme, elektrikli araçların NO_x, PM ve VOC gibi zararlı kirleticilerin azaltılmasında önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Buna ek olarak, elektrikli motorların verimliliği %85 ila 90 arasındayken, benzinli motorlar için bu oran yalnızca %30 ila 35'tir. Bu da elektrikli araçların enerji tüketimi açısından önemli bir avantaj sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, elektrikli araçların çevresel etkisi kullanım aşamasıyla sınırlı değildir. Zhao ve Li (2025) tarafından yapılan kapsamlı bir yaşam döngüsü analizi (LCA), üretim sürecinde nispeten yüksek emisyonlar ortaya çıkarken, kullanım sırasındaki faydaların bu etkileri dengelediğini ve toplam emisyonların içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla %60-68 daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu da elektrikli araçların uzun vadede hem ekolojik hem de ekonomik açıdan sürdürülebilir bir ulaşım alternatifi olduğunu göstermektedir.

Elektrikli araçların çevre dostu özellikleri emisyonlarla sınırlı değildir. Elektrikli araçlar geri dönüştürülebilir bileşenlerden üretilmekte, lityum-iyon bataryalarla çalışmakta ve bazı modellerde güneş enerjisi sistemleriyle desteklenmektedir (Güven ve Gedik, 2019). Bu özellikler elektrikli araçları döngüsel ekonomi perspektifinden de değerli kılmaktadır.

Dolayısıyla elektrikli araçlar yalnızca çevre dostu bir ulaşım seçeneği değil, aynı zamanda sürdürülebilir kentleşmenin

de temel taşlarından biridir. Emisyon azaltımı, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjinin entegrasyonu gibi avantajları sayesinde elektrikli araçlar, gelecekteki ulaşım politikalarının merkezinde yer alacaktır.

2.5. Düşük Karbon Ekonomisi

Düşük karbon ekonomisinin amacı, bir ekonominin tüm üretim ve tüketim zincirlerinde gerekli olan enerjiyi karbon salımlarını en aza indirerek veya ortadan kaldırarak sağlamaktır. Bu model üç temel unsurdan oluşur ve bu unsurlar birlikte uygulanmalıdır (Erden, 2015):

Enerji verimliliği ve tüketimin azaltılması: Enerji tüketiminin azaltılması ve teknolojilerin geliştirilmesi yoluyla mevcut enerji verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması.

Karbonsuz enerji teknolojileri: Karbonsuz, emisyonuz enerji teknolojilerinin tanıtılması ve kullanılması.

Karbon yakalama ve depolama: Fosil yakıtlardan karbonun yakalanması ve depolanması.

Düşük karbon ekonomisi, yaşamsal faaliyetler için gerekli enerjinin fosil yakıtlar yerine daha temiz ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini vurgulamaktadır. Bu geçiş süreci, karbon yoğun üretim ve tüketim alışkanlıklarında bir değişim gerektirmekte ve sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ortak eylemi için temel bir başlangıç noktası sağlamaktadır (Yalçın, 2010).

Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (CCUS), büyük tesislerden ve enerji santrallerinden atmosfere salınan karbondioksitin salınımını önleyebilecek bir dizi teknolojiyi kapsamaktadır. CCUS, fosil yakıtlar veya biyokütle kullanan enerji üretimi veya endüstriyel tesisler gibi büyük noktasal kaynaklardan karbondioksitin (CO₂) yakalanmasıdır. Başlangıçta, karbondioksiti atmosfere salınmadan önce

yakalamak için fabrika bacalarına çözücü filtreler yerleştirilir. Bu şekilde gaz, depolanabileceği veya kullanılabilceği yerlere taşınır. Yakalanan karbondioksit, genellikle 800 ila 3000 metre derinliğe kadar jeolojik rezervuarlara (örneğin tükenmiş petrol veya gaz sahaları, tuzlu su akiferleri) enjekte edilerek Dünya'nın atmosferik karbon döngüsünden kalıcı olarak çıkarılır. Buna ek olarak, yakalanan karbondioksiti birçok endüstriyel amaç için kullanmak mümkündür; ancak genellikle petrol şirketleri tarafından kullanılmaktadır (Kumcu ve Özyörük, 2023).

Fosil yakıtların yoğun kullanımı, atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit salarak küresel iklim değişikliği sorunlarını daha da kötüleştirmektedir. Fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılmasına yönelik çabalar CO2 emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olsa da, birçok enerji yoğun endüstri ve rafineri hala yüksek düzeyde emisyon üretmektedir. Bu nedenle, emisyonların azaltılması tek başına yeterli değildir ve atmosferdeki karbondioksiti yakalayan çözümlerin geliştirilmesine olan talebi artırmaktadır. Karbon yakalama, kullanma ve depolama uygulamalarının gelecekte yüksek karbon emisyonlarıyla mücadelede önemli bir rol oynaması beklenmektedir (Bayraç, 2010).

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji, sadece insanların temel ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda bir ülkenin sosyal ve ekonomik gelişimini de şekillendiren temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. Günümüzde artan nüfus ve teknolojik ilerlemeler gibi faktörler enerjiye olan talebi sürekli olarak artırmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, bu kaynakların gelecekte yeterli olmayabileceği endişesini doğururken, enerji arzında dışa bağımlılık, stratejik bölgelerdeki siyasi belirsizlikler ve iklim değişikliğinin küresel etkisi gibi konular enerji alanında arz

güvenliği sorununu daha da derinleştirmiştir. Bu durum enerjinin stratejik önemini daha da artırmıştır (Özşahin, Mucuk ve Gerçekler, 2016).

Hükümet politikaları, enerji kaynaklarının verimli kullanımı, düşük maliyetli üretim ve enerji tasarrufu gibi konulara odaklanmaktadır (Koçaslan, 2014: 118). Bu önlemlerin amacı, enerji kaynaklarının etkin kullanımını teşvik etmek, enerjiye erişimi iyileştirmek ve enerji arzının istikrarını sağlamaktır. Bu bağlamda enerji politikası, yerel ve küresel düzeyde enerji güvenliği ile ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik arasında bir denge sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Enerjinin güvenilir, çevre dostu, ekonomik koşulları dikkate alan, uygun şekilde ve zamanında tedarik edilmesi halinde sürdürülebilir kalkınma için çok önemli bir faktör olduğu kabul edilmektedir. Enerjinin bu özellikleri, bir ülkenin ya da bölgenin kalkınma sürecinde önemli unsurlardan biri olup, üretim ve tüketim düzeylerinin yanı sıra kalkınma düzeyini de belirlemektedir. Bu durum, verimli ve sürekli bir enerji arzının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, enerjinin sürdürülebilirliği, çevre üzerindeki etkiyi en aza indirme ve ekonomik büyümeyi desteklerken toplumun ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetine dayanmaktadır (Gedik, 2020).

Artan enerji talebi, fosil yakıtlardan kaynaklanan CO2 emisyonları ve dolayısıyla iklim değişikliği gibi önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu durum buzulların erimesi, verimli toprakların azalması ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi sonuçlara yol açmaktadır (Bayraç, 2010). Enerji konusu, klasik iktisattan günümüze kadar birçok iktisatçı tarafından analiz edilmiş ve tartışılmıştır. Enerji sadece evleri ısıtan ya da araçlara güç sağlayan bir tüketim malı olarak değil, aynı zamanda ekonominin üretken sektörlerinde bir girdi olarak da ele

alınmaktadır. Bu bağlamda enerji hem bir girdi hem de bir çıktı olarak değerlendirilmektedir. Enerji kaynakları yenilenemeyen ve yenilenebilir olarak sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları normal bir döngü içinde yenilenebilen ve tüketildikçe azalmayan kaynakları içerirken, yenilenemeyen enerji kaynakları tükenme eğilimi gösteren kaynakları ifade etmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynakları genel olarak fosil ve nükleer kaynaklar olarak sınıflandırılırken, yenilenebilir enerji kaynakları hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerjilerini içermektedir (Akdoğan, 2018: 3-4).

Ekonomik açıdan bakıldığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı genellikle fosil yakıtların kullanımından daha pahalıdır. Hükümetler bu maliyetleri düşürmek için teşvikler sunmakta ve maliyetler teknolojik gelişmeyle birlikte düşmektedir. Gelecekte de maliyetlerin düşmeye devam etmesi beklenmektedir. Ancak enerji talebinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanmasının önünde bazı ekonomik ve doğal engeller bulunmaktadır. Örneğin, rüzgar enerjisi için sadece sınırlı verimli bölgeler vardır ve güneş enerjisi her bölge için uygun olmayabilir (Ablabekova ve Karabulut, 2008).

Küresel iklim değişikliği, kurak dönemlerde hidroelektrik üretimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Artan nüfus ve büyüme, daha yüksek enerji talebi anlamına gelmektedir. Bu talebin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması sürdürülebilir bir gelecek için çok önemlidir. Bu kaynakların kullanımının artırılması, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik önemli bir adım olarak görülmektedir. Bu bağlamda, hangi yenilenebilir enerji kaynaklarının uygun olduğunun ve bunlardan nasıl yararlanılabileceğinin incelenmesi önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin ve hangi koşullar altında en etkili olduklarının ayrıntılı bir analizine ihtiyaç vardır (Çepik, 2015: 68). Bu, uzun vadeli sürdürülebilir kalkınma için atılması gereken adımların belirlenmesine yardımcı olabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır:

3.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, dünyadaki diğer tüm enerji kaynaklarının çoğunu doğrudan veya dolaylı olarak üretebilen yenilenebilir ve sınırsız bir kaynaktır. Dar anlamda güneş enerjisi, güneş ışınları ile taşınan enerji miktarını ifade eder. Bu enerji sıcak su sistemleri ve ısıtma yanında güneş enerjisi santrallerinde termal enerji elde etmek ve fotovoltaik sistemlerle elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Güneş enerjili ısıtma sistemleri ek termal kaynaklar olarak kullanılabilirken, temel sistemler genellikle gaz, petrol türevi ve elektrikle çalışan kazanlardır. Yalnızca güneş enerjisiyle termal enerji elde etmek, uygun iklim koşulları ve kısa bir ısıtma mevsimi ile sınırlıdır. Güneş enerjisi, yılda 365 gün boyunca dünya yüzeyine gönderilen radyasyonla nispeten sabit bir hızda yayılır. Ancak, atmosferdeki güneş ışınlarının yoğunluğu yer yüzeyine ulaştığında azalır ve coğrafi konuma, hava koşullarına, çevre kirliliğine ve bina yoğunluğuna bağlı olarak değişebilir. Güneş enerjisi aktif ve pasif olarak kullanılabilir. Aktif uygulama, termal ve fotovoltaik dönüştürücülerle enerji üretirken, pasif uygulama ise güneş enerjisinin doğrudan kullanımını içerir, özellikle binaların fiziksel özellikleri ve yapı malzemeleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Güneş enerjisi, termal enerji üretimi için ısı emen malzemelerden yapılan kolektörlerle veya fotovoltaik hücrelerle doğrudan elektrik elde ederek farklı enerji biçimlerine dönüştürülebilir. Bu elektrik ya doğrudan kullanılabilir, özel pillerde depolanabilir veya ulusal şebekeye verilebilir (Koç, 2021).

Özellikle bol miktarda güneş ışığı alan bölgeler için, güneş enerjisi enerji bağımlılığını azaltmada önemli bir çözüm olabilmektedir. Bununla birlikte, bu kaynağın bazı bölgelerde sürekli, bazılarında ise mevsimsel dalgalanmalara tabi olmasına

rağmen genel olarak etkili bir kapasite sunduğu görülmektedir. Özsabuncuoğlu ve Uğur (2005), Arslan (2016), Öztürk ve Kayabaşı'nın (2023) belirttiği gibi, bu potansiyel güneş enerjisinin enerji alanında önemli bir çözüm sunma yolunda olduğunu gösteren akademik araştırmalarla desteklenmektedir.

3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgar enerjisi, insanlık tarihinin en eski yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Antik çağlarda genellikle su pompalamak, tahıl öğütmek ve yelkenli gemileri itmek gibi mekanik işler için kullanılmıştır. Bu bağlamda rüzgâr, insan yaşamına doğrudan katkı sağlayan ücretsiz ve sürekli bir enerji kaynağı haline gelmiştir (İlkılıç, 2016). Modern elektrik üretimi için rüzgâr enerjisinin kullanımı 20. yüzyılın son çeyreğinde, özellikle 1980'lerden bu yana hızla gelişmiştir. Bu süre zarfında rüzgâr türbinlerinin verimliliği artmış ve enerji şebekelerine başarılı bir şekilde entegre edilmişlerdir.

Günümüzde rüzgâr enerjisi, küresel sürdürülebilir enerji portföyünün vazgeçilmez bir parçasıdır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, rüzgar enerjisi teknolojileri hem iklim değişikliğiyle mücadelede hem de enerji güvenliğinin sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (IEA, 2023). Özellikle 2000'li yıllardan bu yana yapılan yatırımlar, dünya genelinde rüzgâr türbinlerinin kurulu kapasitesini katlanarak artırmıştır.

Kapsamlı literatür araştırmaları, rüzgâr enerjisinin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda çevresel faydalar da sunduğunu göstermektedir. Ahmed vd. (2020), rüzgâr enerjisine yapılan yatırımların CO2 emisyonlarının azaltılmasına doğrudan katkıda bulunduğunu ve uzun vadede önemli enerji maliyeti düşüşlerine yol açtığını belirtmektedir. Enevoldsen ve Sovacool (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, rüzgar enerjisinin

özellikle yerel düzeyde istihdam yaratma ve enerji bağımsızlığına katkıda bulunma potansiyeli vurgulanmıştır.

Teknolojik ilerlemeler de rüzgar enerjisinin gelişimi için çok önemli görünmektedir. Shonhiwa ve diğerleri (2021) modern rüzgar türbinlerinin aerodinamik tasarımıdaki yeniliklerin enerji dönüşüm verimliliğini artırdığını ve rüzgar enerjisini giderek daha rekabetçi bir alternatif haline getirdiğini göstermiştir.

Sonuç olarak, eski köklerine rağmen rüzgâr enerjisi, modern türbin teknolojileri sayesinde temiz, sürdürülebilir ve ekonomik olarak rekabetçi bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Bu açıdan, küresel enerji dönüşümü ve iklim değişikliğiyle mücadele için en stratejik öneme sahip yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir.

3.3. Biokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, bitki ve hayvan kökenli organik maddelerin kimyasal enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bu enerji biçimi, güneş enerjisinin fotosentez yoluyla canlı organizmalarda kimyasal bağlar halinde depolanması ve daha sonra yanma, gazlaştırma veya biyokimyasal dönüşüm gibi yöntemlerle serbest bırakılmasına dayanmaktadır (Karayılmazlar, Saraçoğlu & Çabuk, 2011). Bu açıdan biyokütle, hem canlı hem de yeni oluşmuş biyolojik elementlerden elde edilen sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Günümüzde biyokütle enerjisinden biyoyakıtlar (biyoetanol, biyodizel), biyogaz ve doğrudan termal enerji üretimi de dahil olmak üzere çeşitli şekillerde yararlanılmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2022), küresel enerji talebinin yaklaşık %10'unun biyokütle kaynaklarından karşılandığını ve bu oranın özellikle gelişmekte olan ülkelerde yüksek olduğunu bildirmiştir.

Bilimsel literatürdeki çalışmalar, biyokütle enerjisinin hem ekolojik hem de ekonomik açıdan belirleyici avantajlar sunduğunu göstermektedir. Demirbaş (2001) biyokütlenin karbonsuz enerji sistemlerine geçiş için önemli bir enerji kaynağı olduğunu ve karbon-nötr yapısı sayesinde sera gazı emisyonlarını azaltabileceğini vurgulamaktadır. Basu (2018) tarafından yapılan kapsamlı bir çalışma, modern biyokütle dönüşüm teknolojilerinin (gazlaştırma, piroliz, biyokimyasal dönüşüm) enerji verimliliğini artırarak fosil yakıtlara sürdürülebilir bir alternatif sunduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye'deki araştırma öncelikleri de biyokütlenin enerji çeşitliliğine ve arz güvenliğine katkısını ortaya koymaktadır. Keleş ve Bilgen (2012), Türkiye'de tarımsal atık ve orman ürünlerinden elde edilen biyokütle enerji potansiyelini değerlendirmiş ve biyokütlenin ülkenin enerji güvenliğini artırmak için önemli bir kaynak olabileceğini tespit etmiştir.

Genel olarak biyokütle enerjisi sadece geleneksel ısınma ve pişirme süreçlerinde değil, aynı zamanda modern biyoyakıt teknolojileri ile elektrik üretimi ve ulaşımda da önemli bir rol oynamaktadır. Karbon nötr yapısı, çeşitliliği ve sürdürülebilir üretim potansiyeli sayesinde küresel yeşil dönüşümde en stratejik öneme sahip yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir.

3.4. Hidro Enerji

Tarih boyunca hidroelektrik, insanoğlunun en sık kullandığı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmuştur. İlk zamanlarda insanlar suyun potansiyel ve kinetik enerjisini değirmenler yardımıyla, örneğin tahıl öğütmek ve su pompalamak için kullanmışlardır. Hidroelektrik, 20. yüzyılda barajların inşa edilmesiyle birlikte modern enerji üretim sistemlerinin temel taşlarından biri haline gelmiştir (Erdener, Çetin & Öztürk, 2013).

Günümüzde hidroelektrik santralleri küresel elektrik üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA, 2021) göre, küresel elektrik üretiminin yaklaşık %16'sı hidroelektrikten gelmektedir ve bu da onu en büyük yenilenebilir enerji kaynağı yapmaktadır. Özellikle büyük barajlar ve nehir tipi enerji santralleri enerji güvenliğinde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Hidroelektriğin avantajları arasında karbonsuz elektrik üretimi, yüksek verimlilik ve uzun vadeli altyapı yatırımları yer almaktadır. Ayrıca, enerji depolama kapasitesine sahip pompaj depolamalı enerji santralleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının (özellikle güneş ve rüzgar enerjisi) şebekeye entegre edilmesinde esneklik sunmaktadır (Zhou vd., 2017). Ancak hidroelektrik üretiminin çevresel ve sosyal etkileri de tartışmalıdır. Özellikle büyük baraj projeleri ekosistemler üzerinde baskı oluşturmakta, biyoçeşitliliği tehdit etmekte ve yerel nüfusun yerinden edilmesine yol açabilmektedir (Winemiller vd., 2016).

Türkiye hidroelektrik potansiyeli yüksek ülkelerden biridir. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık 216 milyar kWh/yıl olduğu tahmin edilmektedir ve bunun yaklaşık üçte ikisi şu anda kullanılabilir durumdadır (DSİ, 2020). Son yıllarda, küçük hidroelektrik santrallerinin sayısı önemli ölçüde artmış, enerji çeşitlendirmesine ve kırsal kalkınmaya önemli bir katkı sağlamıştır (Karakaya & Özçağ, 2018).

Dolayısıyla hidroelektrik, hem küresel hem de ulusal ölçekte enerji dönüşümünün önemli bir parçası olmaya devam etmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılması ve enerji güvenliğinin sağlanması açısından önemli faydalar sunarken, çevresel ve sosyal etkilerinin dikkatle yönetilmesi gerekmektedir.

3.5. Deniz Kökenli Enerji Kaynakları

Okyanus enerji kaynakları nispeten yenidir, ancak yenilenebilir enerji portföyünde hızla önem kazanmaktadır.

Dalgalar, gelgitler, okyanus akıntıları, sıcaklık gradyanları (OTEC - Okyanus Termal Enerji Dönüşümü) ve tuzluluk farklılıkları (osmoz) gibi çeşitli yöntemler kullanılarak enerji üretilmektedir (IEA, 2017). Bu kaynaklar küresel enerji talebini karşılamak için büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte, teknolojik olgunluk açısından farklı aşamalarda.

Dalga ve gelgit enerjisi, günümüzde okyanus enerjisinin en yaygın olarak araştırılan ve kullanılan biçimleridir. Khan, Kalair, Abas ve Haider (2017) tarafından yapılan kapsamlı bir literatür taraması, sürdürülebilir enerji geçişi için dalga ve gelgit enerjisinin stratejik önemini vurgulamış ve bu teknolojilerin özellikle kıyı bölgelerinde elektrik güvenliğine katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur. Chen ve Wu (2024) hibrit dalga ve gelgit enerji sistemlerini incelemiş ve bu sistemlerin enerji dönüşüm verimliliğinin artırılmasına önemli bir katkı sağladığını göstermiştir.

Son yirmi yılda yapılan küresel bir literatür taraması, Avrupa (İngiltere, Danimarka, Portekiz) ve Asya (Çin, Güney Kore) ülkelerinin dalga ve gelgit enerjisi araştırmalarında öncü rol oynadığını göstermektedir (Guerra vd., 2023). Bu çalışmalar, deniz enerjisinin yalnızca enerji üretimine değil, aynı zamanda ekonomik kalkınmaya, teknoloji ihracatına ve istihdam yaratılmasına da katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

Türkiye perspektifinden bakıldığında, Karadeniz ve Ege kıyılarında dalga enerjisi potansiyeli üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekicidir. Özkan, Yüksel ve Genç (2013) Karadeniz kıyısı boyunca dalga enerjisi santralleri için uygun alanları tespit etmiş ve Türkiye'nin bu alandaki önemli potansiyelini vurgulamıştır. Ancak, yüksek teknoloji maliyetleri ve yüksek altyapı gereksinimleri nedeniyle, bu kaynaklardan henüz büyük ölçüde yararlanılamamıştır.

Genel olarak deniz enerji kaynakları, özellikle de dalga ve gelgit enerjisi, geleceğin yeşil enerji portföyünde önemli bir rol oynayacaktır. Teknolojik gelişimin hızlanması, maliyetlerin düşmesi ve ülkeler arasındaki işbirliğinin artması göz önüne alındığında, bu kaynakların gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

4. ENERJİ- ÇEVRE İLİŞKİSİ

Enerji üretimi ve tüketimi, çevreyle doğrudan bağlantılı olan en önemli faktörler arasındadır. Çevre, sosyal, fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurlarının toplamı olarak, tüm canlıların yaşamını etkileyen dinamik bir sistemdir. Enerji bu sistemin en önemli bileşenlerinden biridir ve ekonomik büyüme, sanayileşme ve sosyal kalkınmada çok önemli bir rol oynamaktadır (Mutlu, 2013). Ancak fosil yakıtların yoğun kullanımı küresel hava kirliliği, sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği gibi önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır (Stern, 2007).

Uluslararası toplum, enerji ve çevre arasındaki bu kritik etkileşimi dengelemek için çeşitli anlaşmalar ve stratejiler geliştirmiştir. Kyoto Protokolü (1997), küresel ısınmayla mücadele için bağlayıcı emisyon azaltım hedefleri belirleyen ilk uluslararası anlaşma olarak tarihte önemli bir dönüm noktasını temsil etmektedir. Türkiye Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında katılmış ve ardından Paris İklim Anlaşması (2015) ile küresel sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik taahhütlerini güncellemiştir (Korkusuz, 2012; UNFCCC, 2015). Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının çevreye verdiği zarar literatürde detaylı olarak tartışılmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yanması atmosfere karbondioksit (CO₂), sülfür oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x) ve partikül madde gibi kirleticiler salmaktadır (IEA, 2021). Bu kirleticilerin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerinde ciddi

olumsuz etkileri vardır. Örneğin, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2021) hava kirliliğinin her yıl yaklaşık 7 milyon erken ölüme neden olduğunu bildirmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise çevresel etkiyi azaltmak için stratejik bir çözüm sunuyor. Rüzgar, güneş, biyokütle, hidro ve okyanus enerjisi gibi kaynaklar, karbon nötr veya düşük karbonlu üretim süreçleri sayesinde küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Ellabban, Abu-Rub & Blaabjerg, 2014). Ayrıca, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda enerji güvenliğine, istihdam yaratılmasına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine de katkıda bulunmaktadır (REN21, 2022). Türkiye'de yenilenebilir enerjilere yapılan yatırımlardaki artış son yıllarda önemli ölçüde yükselmiştir. Özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi kapasitesi hızla artarken, hidroelektrik ve biyokütle enerji santralleri de enerji üretiminde giderek artan bir paya sahiptir. Savrul (2010) yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımının fosil yakıtların çevreye verdiği zararı azaltmak için önemli bir araç olduğunu belirtmiştir.

Özetle, enerji ve çevre arasındaki ilişki sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından stratejik bir öneme sahiptir. Fosil yakıtların yıkıcı çevresel etkileri göz önüne alındığında, yenilenebilir enerjiye geçiş sadece çevresel sürdürülebilirliği değil aynı zamanda sosyal refahı da sağlayan bir politika olarak öne çıkmaktadır.

5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN ÖNEMİ

Sürdürülebilirlik çeşitli şekillerde tanımlanabilen bir terimdir. İlk olarak, ekolojik sistemlerin süreçlerini, işlevlerini ve üretkenliklerini gelecekte de sürdürebilme yeteneği olarak açıklanabilir. Bir başka tanıma göre sürdürülebilirlik,

ihtiyaçlarımızı karşılarken doğal kaynakları koruma ve çevreyle uyumlu olma hedefini kapsamaktadır (Chapin vd., 1996). Bu kavram sadece ekonomik alanda değil; politik, sosyal, çevresel ve kültürel birçok alanda da kullanılmaktadır (Kuşat, 2013).

Sürdürülebilirlik, mevcut kaynakların gelecek nesillere bırakılabilmesi ve uygun şekilde kullanılabilmesi için korunması anlamına gelmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik; gelecekte de üretebilme yeteneğinin korunması olarak ifade edilebilir (Kaya, 2018: 8). Bu, bugünkü neslin ortalama yaşam kalitesinin potansiyel olarak tüm gelecek nesiller tarafından paylaşılabilmesi ve mevcut kaynakların gelecek nesillere uygun şekilde aktarılabilmesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle sürdürülebilirlik, bugünün faaliyetleri gelecek nesilleri etkilediği için bugün mevcut olan kaynakların daha etkin ve bilinçli kullanılması anlamına gelmektedir (Elliott, 2005: 268).

Sürdürülebilirlik iki ilkeye dayanmaktadır. Birinci ilke, dünya kaynaklarının yalnızca yenilenebilir düzeyde kullanılması ya da (yenilenemeyen kaynaklar söz konusu olduğunda) sürdürülebilir ikamelerin geliştirilmesidir. İkinci ilke ise atıkların çevrenin sindirebileceği ve zarar vermeyecek düzeyde olmasıdır (Peattie, 1999: 133).

Günümüz enerji kaynaklarından kaynaklanan sorunlar genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- a) Fosil enerji kaynakları tükenmeye yatkındır,
- b) Nüfus artışı ve ekonomik gelişme ile birlikte enerji talebindeki artış,
- c) Jeopolitik gerilimler ve enerji güvenliği sorunları,
- d) Fosil enerji kaynakları için artan fiyatlar,
- e) Küresel ısınma (iklim değişikliği),

- f) Yerel düzeyde hava, su ve toprak kirliliği, insan ve diğer canlıların sağlığını etkileyen sorunlar (Öymen, 2020:1075).

Bu sorunlardan özellikle modern sanayileşmiş toplumların bilincinde, tüketilebilir enerji ve doğal kaynakların korunması, etkin kullanılması ve bu bilincin gelecek nesillere aktarılması felsefesi ortaya çıkmış ve sürdürülebilirlik kavramı günümüzde önemli bir yer edinmiştir. Enerji ile ilgili sorunlardan doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenen çevre, sürdürülebilirlik için en önemli kriterlerden biridir. Enerjinin kaynağı çoğu zaman çevredir; çevre üzerinde en az etkisi olan ya da hiç etkisi olmayan enerji üretim yöntemi en sürdürülebilir enerji üretimi olarak kabul edilmektedir (Ünal, 2010: 41).

Sürdürülebilir enerji, gelecek nesillerin kendi enerji ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetlerinden ödün vermeden dünyanın enerji ihtiyacını karşılamak anlamına gelmektedir. Temel olarak sürdürülebilir enerji, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve daha verimli enerji kullanımı gibi iki ana unsurdan oluşmaktadır (Ediger, 2015).

Fosil kaynakların zaman içinde tükenmesi, enerji kaynaklarına alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Ancak enerji kaynaklarının yenilenebilir olması yeterli görülmemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının aynı zamanda sürdürülebilir olması önemlidir. Enerji kaynağının yenilenebilir olması sürdürülebilirlik özelliklerine bağlıdır. Eğer enerji sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir ise enerjinin yenilenebilirliğinden bahsedebiliriz (Aykal vd., 2009).

6. SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir kalkınmanın temel yapı taşlarından biridir. Fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi ve enerji güvenliğinin sağlanması için önemi her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada ele alınan rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik ve okyanus enerjisi teknolojileri, birbirlerini tamamlayıcı özellikleriyle enerji sistemlerinin çeşitlendirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Teknolojik gelişmeler sayesinde daha verimli ve ekonomik hale gelen rüzgâr enerjisi, günümüzde birçok ülkede en rekabetçi enerji üretim yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Atık yönetimi ve döngüsel ekonomi ile entegre olan biyokütle enerjisi, hem çevresel hem de ekonomik faydalar sunarken kırsal kalkınma ve istihdam yaratma gibi sosyal unsurlara da katkıda bulunmaktadır. Hidroelektrik, uzun vadeli altyapı yatırımları ve enerji depolama kapasitesi sayesinde şebeke istikrarını desteklemektedir, ancak çevresel ve sosyal etkilerinin dikkatle yönetilmesi gerekmektedir. Deniz enerji kaynakları henüz gelişme aşamasındadır ancak özellikle dalga ve gelgit enerjisi yoluyla uzun vadede küresel enerji dönüşümü için yenilikçi çözümler sunma potansiyeline sahiptir.

Türkiye özelinde bakıldığında, yenilenebilir enerji potansiyelinin etkin bir şekilde kullanılması sadece enerji bağımsızlığına katkıda bulunmakla kalmayacak, aynı zamanda iklim nötrlüğü hedeflerine ulaşılmasında da önemli bir rol oynayacaktır. Bunun için teknolojiye daha fazla yatırım yapılması, üniversiteler ve sanayi arasındaki işbirliğinin güçlendirilmesi, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin desteklenmesi ve finansman mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve

toplumsal katılımın sağlanması yenilenebilir enerji projelerinin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

Özetle, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji sistemlerine entegrasyonu sadece enerji üretimi için değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınma, enerji bağımsızlığı ve sosyal refah için de stratejik bir gerekliliktir. Bu sürecin ulusal ve uluslararası düzeyde politika yapıcılar tarafından desteklenmesi, geleceğin yeşil ve sürdürülebilir enerji altyapısının oluşturulmasında önemli bir rol oynayacaktır. Yenilenebilir enerjiye yatırım yapmak sadece bugünün enerji ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayacak, aynı zamanda gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir çevre ve daha dirençli bir ekonomi yaratacaktır.

KAYNAKÇA

- Ablabekova, A., & Karabulut, G. (2008). İktisadi etkinlik açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar ile karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.*
- Ahmed, M., Ahsan, M., Hassan, M., & Rahman, M. (2020). Environmental and economic benefits of wind energy: Evidence from panel data analysis. *Renewable Energy*, 146, 1649–1657. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.074>
- Akdoğan, D. A. (2018). *Yenilenebilir enerjide kamu politikaları ve Türkiye*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Arslan, F. (2016). Manisa ilinin yenilenebilir enerji potansiyeli üzerine bir değerlendirme. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3).
- Aykal, F.D., Günüş, B., Özbudak ve Akça, Y.B. (2009). Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması. V. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır.
- Basu, P. (2018). *Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: Practical design and theory* (3rd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04107-7>
- Bayraç, H. N. (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
- Birleşmiş Milletler (2014), Prototip Küresel Sürdürülebilir Kalkınma Raporu, Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Sürdürülebilir Kalkınma Bölümü, New York, NY.

- Bui, T.D., Tsai, F.M., Tseng, M.L., Wu, K.J. ve Chiu, A.S. (2020), “Effective municipal solid waste management capability under uncertainty in Vietnam: utilizing economic efficiency and technology to foster social mobilization and environmental integrity”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 259, p. 120981.
- Chapin, F.S., Torn M.S., & Taten, M. (1996). Principles of ecosystem sustainability. *American Naturalist*, 148(6), 1016-1037.
- Chen, P., & Wu, D. (2024). A review of hybrid wave-tidal energy conversion technology. *Ocean Engineering*, 303, 117684. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117684>
- Curcio, M. (2025). *Green hydrogen production cost evolution: A techno-economic analysis*. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2502.12211>
- Çelik, K. (2021). Bulut Bilişim Teknolojileri. Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12 (24), 436-450.
- Çepik, B. (2015). *Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye’de yenilenebilir enerji politikaları*. Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Demirbaş, A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 42(11), 1357–1378. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)
- Devlet Su İşleri (DSİ). (2020). *Türkiye hidroelektrik potansiyeli raporu*. Ankara: DSİ Yayınları.
- Dick, B., Karell H. (2022). 2022 Emerging Technology Trends | Market and Legal Insights for Innovators. 21 Aralık 2023 tarihinde

<https://www.perkinscoie.com/images/content/2/5/250636/4-ETT-Chapter-4-GreenTech.pdf> adresinden erişildi.

- Ediger, V.Ş. (2015). Türkiye'nin sürdürülebilir enerji gelişimi. *Enerji ve İklim Değişikliği Vakfı*, Ankara.
- Efe, Ş. & Güngör, Z. A. (2021). Geçmişten Günümüze Batarya Teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 947-955.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>
- Elliott, S. R. (2005). Sustainability: An economic perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 44(3), 263-277.
- Energy Digital. (2024). *Cloud computing saves energy and CO₂ emissions*. <https://energydigital.com>
- Enevoldsen, P., & Sovacool, B. K. (2016). Examining the social acceptance of wind energy: Practical guidelines for onshore wind project development in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.041>
- Erden, C. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi Ve Türkiye'nin Karbon Ayak İzi.
- Erdener, H., Çetin, M., & Öztürk, H. (2013). Hidroelektrik enerji üretiminin çevresel etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 63(2), 35–48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iufor/issue/5876/77646>
- Erdener, H., S. Erkan, E. Eroğlu, N. Gür, E. Şengül ve Baç N. (2013). *Sürdürülebilir enerji ve hidrojen*. Ankara: ODTÜ Yayıncılık.

- ETKB, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2018). <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Anasayfa>, 28.12.2023.
- Farah, A., Bokde, N., & Andresen, T. (2024). *Operational planning for renewable-integrated green hydrogen production: Optimizing cost and CO₂*. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2404.11995>
- Gedik, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik Ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik Ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3), 196-215.
- Guerra, F., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F., & Guedes Soares, C. (2023). A large-scale review of wave and tidal energy research over the last 20 years. *Ocean Engineering*, 282, 114995. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114995>
- Güven, E. C., & Gedik, K. (2019). Ömrünü Tamamlamış Elektrikli Araç Bataryalarının Çevresel Yönetimi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(2), 726-737.
- Güven, E., & Gedik, H. (2019). Elektrikli araç teknolojileri ve sürdürülebilirlik üzerine bir değerlendirme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 530–543. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.583228>
- IEA (International Energy Agency) (2017). *World Energy Outlook*, Washington.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000), “Methodological and technological issues in technology transfer”, IPCC Special Report, Cambridge University Press, Cambridge

- International Energy Agency (IEA). (2017). *Renewable Energy Medium-Term Market Report 2017*. Paris: IEA.
<https://www.iea.org/reports/renewables-2017>
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Hydropower special market report*. Paris: IEA.
<https://www.iea.org/reports/hydropower-special-market-report>
- International Energy Agency (IEA). (2021). *World Energy Outlook 2021*. Paris: IEA.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027*. Paris: IEA.
<https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA.
<https://doi.org/10.1787/20a8a4c6-en>
- İlkılıç, C. (2016). Rüzgâr enerjisinin Türkiye'deki mevcut durumu ve geleceği. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 154–161.
<https://doi.org/10.17798/beufbed.94742>
- İlkılıç, Z. (2016). “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, C, 2, 2.
- Karakaya, E., & Özçağ, M. (2018). Türkiye’de küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin rolü: Enerji politikaları ve sürdürülebilirlik bağlamında bir değerlendirme. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(3), 234–247.
<https://doi.org/10.29133/yyufbed.407289>
- Karayilmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., & Kurt, R. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde

Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.

Kaya, Tolga O. (2018). *Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve önemi*. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.

Keleş, S., & Bilgen, S. (2012). Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5199–5206. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.010>

Khan, M., & Akram, R. (2025). Sustainability of electric vehicles: A bibliometric review. *Discover Sustainability*, 6(1), 45. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01020-3>

Khan, N., Kalair, A., Abas, N., & Haider, A. (2017). Review of ocean tidal, wave and thermal energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 590–604. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.079>

Koç, Ü. (2021). Güneş enerjisi ve ekonomik büyüme. *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 6(2), 515-533.

Koçaslan, G. (2014). Türkiye'nin enerji verimliliği mevzuatı, Avrupa Birliği'ndeki uluslararası-ulusal öneriler". *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(2), 117-133.

Korkusuz, A. (2012). Kyoto Protokolü'nün Türkiye'nin enerji politikalarına etkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 4(2), 53–67. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ebd/issue/4881/67174>

Korkusuz, M. (2012). Türk vergi kanunları ve diğer ilgili mevzuat kükümleri kapsamında karbon ticaretinin vergilendirilmesi, *Preparing Turkey for the post 2012*

projesi, Editörler: ÇOB İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı Proje ekibi, Ankara.

Kumcu, S., & Özyörük, B. (2023). Sürdürülebilir yeşil bir kalkınma için salınan karbonun yakalanması, depolanması ve kullanımına yönelik bir araştırma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 386-394.

Kuşat, N. (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: Avantaj ve dezavantajları-Türkiye incelemesi”. *Journal of Yaşar University*, 8(29), 4896-4916.

Kübra, E. C. E. R., Güner, O., & Çetin, M. (2021). Avrupa yeşil mutabakatı ve Türkiye ekonomisinin uyum politikaları. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 9(2), 125-144.

Lifewire. (2023). *How cloud computing is green technology*. <https://www.lifewire.com/how-cloud-computing-is-green-technology-5117067>

Linthicum, D., Andersson, R., & Khan, M. (2022). Energy-efficient methods in cloud computing: A systematic review. *Journal of Cloud Computing*, 11(37). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00368-5>

Mutlu, E. (2013). *Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizler*. İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Mutlu, M. (2013). Çevre ve enerji ilişkisi. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 8(1), 109-125. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akad/issue/32918/365555>

Öymen, G. (2020). Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik üzerindeki rolü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 1069-1087.

- Özkan, İ., Yüksel, İ., & Genç, M. S. (2013). Türkiye kıyılarında dalga enerjisi potansiyelinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(3), 505–513.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/7443/9748>
7
- Özsabuncuoğlu, İ. ve Uğur A. (2005). *Doğal kaynaklar ekonomi, yönetim ve politika*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., & Gerçeker, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.
- Öztürk, M., & Kayabaşı, R. (2023). Güneş enerjisinin İç Anadolu bölgesinde kullanılabilirliği ve sistem analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1-1.
- Peattie, K. (1999). Trappings versus substance in the greening of marketing planning. *Journal of Strategic Marketing*, Volume 7, Issue 2, s.131-133.
- REN21. (2022). *Renewables 2022 Global Status Report*. Paris: REN21. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Savrul, M. (2010). *AB ilişkileri çerçevesinde Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının iktisadi açıdan değerlendirilmesi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Savrul, M. (2010). Enerji ve çevre ilişkisi: Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(1), 101–116.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/issue/4389/60394>

- Shonhiwa, T., Musademba, D., & Mudzingwa, C. (2021). Advances in wind turbine technology: A review of aerodynamics and materials. *Energy Reports*, 7, 4567–4579. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.07.056>
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). *Paris Agreement*. Paris: UNFCCC. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Ünal, H.K. (2010). New steel shop & continuous casting plant building. *Çelik Yapılar Sempozyum Bildirisi*, İstanbul.
- Wang, Y., Zhang, X., & Li, J. (2023). Electric vehicles and urban air quality: Evidence from Wuhan. *Science of the Total Environment*, 904, 164321. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164321>
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., ... & Sáenz, L. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128–129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>
- World Health Organization (WHO). (2021). *Air pollution*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/air-pollution>
- Yalçın, A. Z. (2010). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Düşük Karbon Ekonomisinin Önemi Ve Türkiye İçin Bir Değerlendirme. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(24), 186-203.
- Zhao, Q., & Li, H. (2025). Life cycle assessment of electric vehicles: A systematic review. *World Electric Vehicle*

Journal, 15(8), 375.
<https://doi.org/10.3390/wevj15080375>

Zhou, Y., Hejazi, M., Smith, S., Edmonds, J., Li, H., Clarke, L., ... & Calvin, K. (2017). A comprehensive view of global potential for hydro-generated electricity. *Energy and Environmental Science*, 10(5), 970–987.
<https://doi.org/10.1039/C6EE03206A>

OPTIMIZING STOCK PORTFOLIO SELECTION USING CHATGPT: A COMPARATIVE ANALYSIS WITH BIST100, USD, AND GOLD BENCHMARKS

Mansur BEŞTAŞ¹

1. INTRODUCTION

The selection of stocks as investment instruments has generally been dominated by technical analysis methods that focus on fundamental and historical price movements and trading volumes, including the evaluation of the financial statements of the relevant company. The company's financial situation and historical price movements have been evaluated with various statistical models and various levels of success have been achieved. However, a general model has not been put forward. Over time, the development of artificial intelligence has found use in many areas. Naturally, its use in the field of finance has also been evaluated by researchers (Kim et al., 2024; Ray, 2023).

Big language models, which are part of the developments in artificial intelligence, have attracted attention with their ability to process large amounts of textual data and produce human-like responses. ChatGPT, which is the subject of this study and one of the most popular Big Language Models, was developed by a company called OpenAI. The language model produced by OpenAI has caused a movement in Natural Language Processing (NLP) and many other fields. ChatGPT, introduced by OpenAI, is basically an artificial intelligence-supported chat. It is a bot and

¹ Doç. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, mbestas@beu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8192-2044.

was presented to the end user in 2022. Later, the company introduced the 3.5 and 4O models to the public (Pagero et al., 2023). ChatGPT is an artificial intelligence rather than a traditional tool that uses moodelin, it constantly improves itself with a fine-tuning mechanism supervised and reinforced by human interaction (Lambert et al., 2022). On the other hand, ChatGPT is a technology that is increasingly gaining attention for the purpose of understanding and summarizing text-based information. The evaluation of news flows related to stocks through ChatGPT emerges as an experimentally studied method in this field (Feng et al., 2024).

ChatGPT has been developed using Generative Pre-Trained Transformer (GPT) technology, whose origins are in the consolidation of artificial intelligence and natural language processing. The underlying architecture of the GPT comes from the Transformer model elaborated in the seminal paper "Attention is All You Need" by Vaswani et al. in 2017. The popularity of GPT technology has opened up avenues for advancements in content generation, chatbots, and virtual assistants with more natural and contextual communication. Moreover, it has been producing successful outcomes in both translating texts from one language to another and creating more informative summaries. Certain models trained on various data sources have been employed effectively as coding assistants for developers. GPT models have shown remarkable proficiency in natural language processing, particularly in domains like mathematics, programming, medicine, law studies, and finance (Bubeck et al., 2023).

One of the main factors behind GPT technology's success is the availability of a large and diverse dataset. Pre-trained models on exceedingly large volumes of high-quality textual data have a better grasp of linguistic subtleties and contextual semantics in the target language. Diversity of data in terms of

sources—books, articles, websites, and research journals—improves the model's generalization ability and makes it more effective for a range of tasks. Aside from the sheer volume of data, the quality of the pre-training corpus is most important; it has to be meticulously curated, well-structured, and devoid of extraneous or noisy data. The vast potential of GPT technology and the release of the ChatGPT product aimed at end-users has generated much interest among researchers. The success of the results in text comprehension is especially remarkable.

Niszczoła and Abbas, in their study, compared the potential of various GPT-based models, including Davinci, ChatGPT, GPT-3.5, and GPT-4, for financial literacy. Based on their findings, the GPT-4 model was the most performing model with an accuracy rate of 99% (Niszczoła & Abbas, 2023). Financial industry studies have shown the great promise of models like GPT-4o in financial document analysis and forecasting (Krause, 2023; Lopez-Lira & Tang, 2023; Xie et al., 2023a; Xie et al., 2023b). Comparative finance research has covered a range of natural language processing applications, such as information extraction (IE), textual analysis (TA), question answering (QA), text generation (TG), risk management (RM), forecasting (FO), and decision-making (DM). Although most earlier research has been specialized to a narrow set of tasks, PIXIU and FinBen are now among the top-performing applications (Koncel-Kedziorski et al., 2023; Xie et al., 2023b; Xie et al., 2024). The first generation of large language models (LLMs) specifically developed for the financial domain includes finBERT, FinBert, and Mengzi-fin, each with approximately 100 million parameters (Araci, 2019; Yang et al., 2020; Zhang et al., 2021). Yet, BloombergGPT, a 50-billion-parameter model tailored for financial applications, has just been made available (Wu et al., 2023). In research by Kim et al., a recommendation system based on the ChatGPT model was created to enhance

decision-making in risky situations, addressing both scenarios with and without prior knowledge. The results indicate that ChatGPT can offer personalized decision support, proving to be effective in risk minimization and portfolio risk minimization optimization according to specified criteria (Choi et al., 2007; Kim et al., 2024). Further, scholars have explored ChatGPT's potential in interpreting stock-level information acquired from text-based news. Researchers like Lopez-Lira and Tang (2023) and Pelster and Val (2024) have analyzed this capability, with positive correlations being seen between stock return and ChatGPT predictions (Feng et al., 2024; Ko and Lee, 2024). This proves that ChatGPT can act as an effective instrument to investigate financial news. The research of Lopez-Lira and Tang (2023) was on news headlines and indicated that ChatGPT performs better than previous models, including GPT-1, GPT-2, BERT, and conventional sentiment analysis methods. In a different study, Romanko et al. (2023) employed ChatGPT to create a stock portfolio composed of S&P 500 stocks. Although the model could select stocks successfully, the resulting portfolio did not have an optimal asset allocation (Cho, 2024). In another study, news relevant to the U.S. stock market on a daily basis was aggregated using ChatGPT to develop a market sentiment indicator. The results showed that large language models (LLMs) outperform traditional sentiment classification techniques when applied in relation to the S&P 500 index, suggesting their potential as a useful tool in financial markets (Bond et al., 2023).

Kim (2023) recognized that the provision of information on market and economic changes and giving asset recommendations can optimize portfolio efficiency. Dowling & Lucey (2023) researched the use of ChatGPT in aiding financial research and determined that it is even better when supplemented with additional financial data. Oehler & Horn (2024) revealed that ChatGPT is equally good as conventional robo-advisors

purposely tailored for finance. In addition, Pelster and Val (2024) developed an investment strategy using the ChatGPT-4 model with Internet access that responds quickly to news events, with favorable results.

2. METHODOLOGY

One of the highest indexes of stocks in the Turkey is BIST100. There are a total of 100 stocks in this index and stocks are listed according to predetermined criteria. It is being examined whether ChatGPT can assist in the decision-making process for those who invest in stocks traded in BIST 100. There are two methods for investors in stock investment. The first method is technical analysis. This analysis method involves estimating future price movements by using historical data belonging to the stock. In this method, there is a chaotic environment since instant price movements are affected by market conditions and are affected reactively by the movements of stocks that have news and co- movement. Another method is to make a purchase and sale decision based on the financial statements of the companies to which the stocks belong. This method is known as fundamental analysis. In fundamental analysis, companies periodically report their financial statuses through independent auditing firms after they are listed on the stock exchange and publish them publicly. In this study, the financial reports of the companies in BIST100 for the last 10 years were collected. There are a total of 4 reports covering the end of March, June, September and December in each calendar year. Therefore, the portfolios to be evaluated were changed in three-month periods. Stocks were grouped under 13 basic sectors (KAP, n.d.). Stocks were selected from 4 different sectors in each three-month period, and a model portfolio was created with three different stocks in each sector. The success of the portfolio was

evaluated according to the BIST100 index, the value of Dollar and Gold. In the study, the decision-making efficiency of ChatGPT in selecting stocks traded in BIST100 and the portfolio optimization, classical Markowitz model's $E[R] - \sigma^2$ It has been addressed with the formulation (Mangram, 2013).

$$\text{Portfolio Optimization: } \max \left(\frac{\sum_{i=0}^n w_i E[R_i] - R_f}{\sigma_p} \right)$$

Here w_i , the weight $E[R_i]$ is the expected return of the stock, R_f the risk-free return rate and σ_p the volatility of the portfolio. In each quarter, the success of the portfolio created with stocks selected from different sectors is compared with the BIST100 index, dollar and gold returns. The application was implemented with codes developed in Python. The application received historical price values via Yahoo Finance API. The purchase of stocks, BIST index, dollar and gold prices was carried out between May 1 and July 30 for the first quarter, August 1 and October 30 for the second quarter, November 1 and January 30 for the third quarter and February 1 and April 30 for the fourth quarter. The reason for choosing these dates is that each quarter is until the last month of the relevant period and a one-month period is given for the companies to publish their balance sheets. For example, the first quarter ends on March 30 and the companies have until April 30 to publish their financial statements. The first financial statement evaluated in the study belongs to the 2013/3 period. The last financial statement evaluated belongs to the 2023/12 period. Thus, a total of 44 financial statements were evaluated in the study.

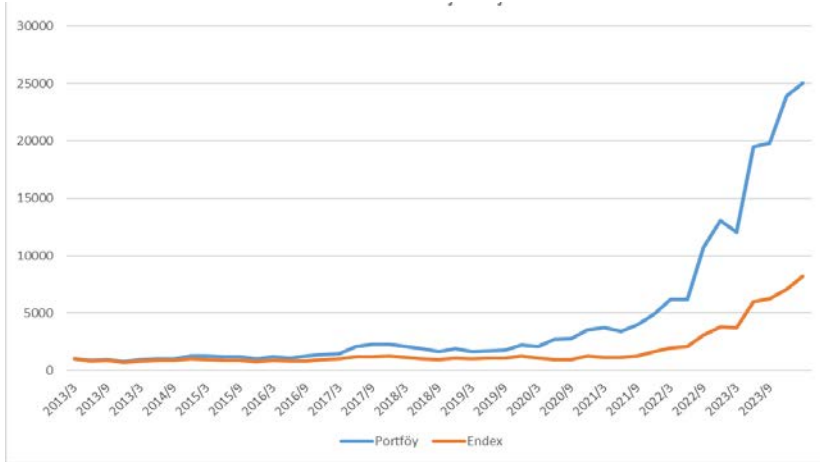
3. FINDINGS

3.1. Comparison of Portfolio and Bist100 Returns

ChatGPT was evaluated according to BIST100, it was determined that the portfolio provided above-index gains in 23 of the 44 periods. This above-index return became especially evident in periods when the difference between G_t the return and P_t the index performance was significant.

$$\Delta G_t = G_{ChatGPT} - G_{BIST100} > 0, 23 \text{ Terms}$$

Figure 1. Portfolio and BIST100 Index Earnings Development



Especially in the periods 2014/9, 2016/6, 2017/3, 2020/3 and 2022/6, the above-index performance was remarkably high. As shown in Figure 1, the initial investment size was accepted as 1000 TL. The profit obtained at the end of each period was directed back to investment. Thus, the profits obtained provided cumulative growth. The profit differentiation between portfolio and index returns started to occur since 2017 and the difference increased since 2020. As a result of the study, while the cumulative profit obtained as a result of the investment made in BIST100 index was 8237 TL, the amount of profit obtained with ChatGPT was 25027 TL.

$$Cumulative\ Return\ (Portfolio) = \sum_{t=1}^T (R_{portfolio,t} W_{t-1})$$

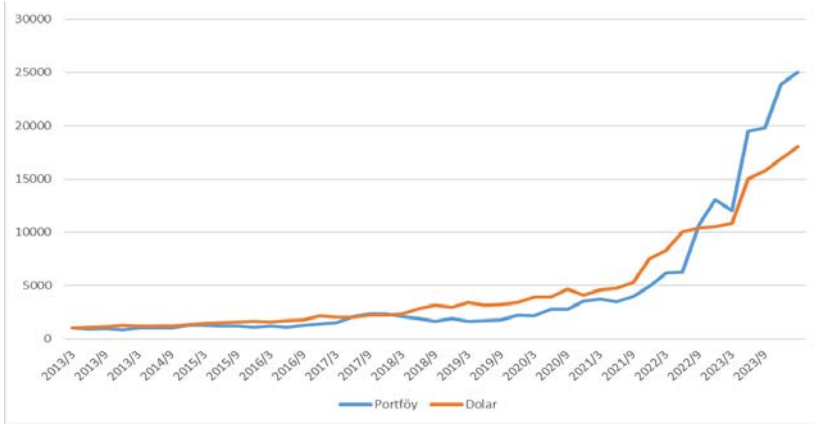
$$Cumulative\ Return\ (BIST100) = \sum_{t=1}^T (R_{portfolio,t} W_{t-1})$$

3.2. Portfolio And Dollar Returns Comparison

When the portfolio is evaluated against the dollar, it is seen that the returns are higher from time to time. It was determined that the portfolio return was higher than the dollar in the periods 2015/12, 2016/12, 2017/3, 2018/9 and 2020/3. In 22 of the 44 periods evaluated in the study, a profit above the dollar was obtained.

$$\Delta G_t = G_{ChatGPT} - G_{Dolar} > 0, 22\ Terms$$

Figure 2. Portfolio and Dollar Earnings Development



Period covered by the periods evaluated in the study, the portfolio lagged against the dollar until the 2017/6 period, but equalized in the 2017/9 and 2017/12 periods. As can be seen from Figure 2, the portfolio gained less against the dollar again. However, at the end of 2022, the portfolio started to yield higher returns against the dollar and achieved a higher return amount at

the end of the period considered in the study. The cumulative return obtained with the dollar is 18001 TL.

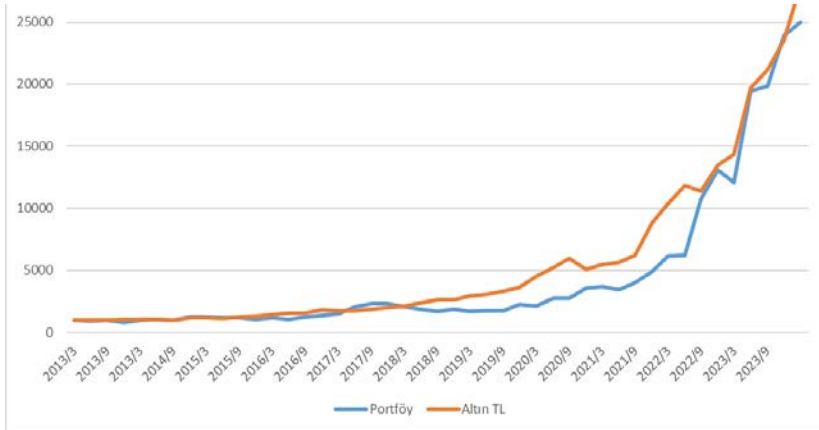
$$Cumulative\ Return\ (USD) = \sum_{t=1}^T (R_{portfolio,t} W_{t-1})$$

3.3. Portfolio And Gold Returns Comparison

The portfolio returns are compared with gram gold; It is determined that the portfolio mostly shows a performance compatible with gram gold. Especially in the periods of 2014/9, 2015/12, 2016/12 and 2018/9, the portfolio growth rate has significantly differed from the gram gold growth rate. In 21 of the 44 periods evaluated in the study, a gain above gram gold was achieved.

$$\Delta G_t = G_{ChatGPT} - G_{Altın} > 0, 21\ Terms$$

Figure 3. Portfolio and Gram Gold Earnings Development



As can be seen in Figure 3, portfolio and gold cumulative returns continued equally until mid-2018. However, the earnings gap that opened at the end of 2018 did not close until the 2022/9 period. In 2023, portfolio and gold earnings continued equally with small differences. The cumulative return obtained with gold was 27940 TL.

$$\text{Cumulative Return (GOLD)} = \sum_{t=1}^T (R_{portfolio,t} W_{t-1})$$

4. DISCUSSION, CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

This research evaluates ChatGPT, currently one of the most advanced large language models (LLM), in terms of stock portfolio construction and portfolio performance using quarterly financial reports of companies under BIST100 index. The research examines ChatGPT's ability to select 12 different stocks from four different sectors. The performance is measured against commonly used commodities such as BIST100 index, US dollar and gold. The results show that the portfolio created by ChatGPT outperforms traditional investment instruments. The study concludes that ChatGPT, an LLM tool, has potential utility in asset selection and portfolio management.

In 23 out of 44 periods examined, ChatGPT's selected portfolio outperformed BIST100 index. This confirms that LLMs can be suitable tools for financial statement analysis and portfolio management. Returns above the index are frequently seen, indicating that they can provide a proper assessment of the complex dynamics that exist in financial markets. Unlike the US dollar-denominated stock, ChatGPT's portfolio was strong and achieved higher returns in half of the given periods. Even during periods when the forex market was volatile, ChatGPT's selected portfolio was able to maintain its stability. According to the findings, LLMs can create portfolios that can flexibly manage forex risks.

In comparison with gold, the performance of the portfolio generated by ChatGPT was observed to track the gold price movements closely. This indicates that ChatGPT is able to

generate portfolios that are comparable to conventional safe-haven assets, i.e., gold. The positive findings in this study are consistent with the findings in prior studies, as evident in the study by Romanko et al. (2023) on the S&P 500 index. Similarly, Huang et al. (2025), in their research with the Egret Swarm Optimization Algorithm (ESOA) on stocks belonging to the S&P 500 index—mainly obtained from the NASDAQ exchange—also yielded favorable outcomes identical to this research.

This research, however, has some limitations. Most significantly, it is restricted to shares that constitute the BIST100 index and considers a fixed time frame. Future research can test the performance of ChatGPT during longer time frames and across various indices, without these limitations. Further, prior to assessing financial reports, future studies need to investigate the extent to which fine-tuning or specialty training influences the performance of the large language model in financial and economic analysis.

This study demonstrates that ChatGPT achieves considerable success in stock selection and portfolio construction based on financial reports. In the various time horizons, it was seen that ChatGPT outperforms the BIST100, dollar and gold investments in various time intervals. The findings demonstrate that LLMs may prove a valuable technological tool for both professional and individual investors in financial advisory services. The results indicate that this study contributes to the knowledge of the way in which LLMs influence financial markets, which implies that LLM technology is likely to become embedded and increasingly influential within investment markets. The precise scope and application of LLMs on financial markets remain the subject of further research. In this regard, a call for further studies to consider the use and function of LLMs, such as ChatGPT, in financial markets is required.

REFERENCES

- Araci, D. (2019). Finbert: Financial sentiment analysis with pre-trained language models. *arXiv*, 1908.10063. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.10063>
- Bond, S.A., Klok, H. & Zhu, M. (2023). Large language models and financial market sentiment. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4584928>
- Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, YT, Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, MT, & Zhang, Y. (2023). Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with gpt-4. *arXiv*, 2303.12712. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>
- Cho, S. (2024). Can chatgpt generate stock tickers to buy and sell for day trading?. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4759311>
- Choi, S., Fisman, R., Gale, D. & Kariv, S. (2007). Consistency and heterogeneity of individual behavior under uncertainty. *American Economical Review*, 97 (5), 1921-1938. <https://doi.org/10.1257/aer.97.5.1921>
- Dowling, M. & Lucey, B. (2023). Chatgpt for (finance) research: The bananarama conjecture. *Finance Research Letters*, 53, 103662. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103662>
- Feng, Z., Li, B., & Liu, F. (2024). A first look at financial data analysis using chatgpt-4o. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4849578>
- Huang, Z., Liao, B., Hua, C., Cao, X., & Li, S. (2025). Leveraging chatgpt for enhanced stock selection and portfolio optimization. *Neural Computing and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10928-2>

- KAP. (n.d.) . Retrived 15 Jun 2024 from <https://www.kap.org.tr/tr/Sektorler>
- Kim, A., Muhn, M., & Nikolaev, V. V. (2024). Bloated disclosures: Can chatgpt help investors process information? *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4425527>
- Kim, J., Kovach, M., Lee, K. M., Shin, E., & Tzavellas, H. (2024). Learning to be homo economicus: Can an llm learn preferences from choice. *arXiv*, 2401.07345. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.07345>
- Kim, J. H. (2023). What if chatgpt were a quantity assets manager. *Finance Research Letters*, 58, 104580. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104580>
- Ko, H., & Lee, J. (2024). Can chatgpt improve investment decisions? From a portfolio management perspective. *Finance Research Letters*, 64, 105433. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105433>
- Koncel-Kedziorski, R., Krumdick, M., Lai, V., Reddy, V., Lovering, C., & Tanner, C. (2023). Bizbench: A quantitative reasoning benchmark for bussines and finance. *arXiv*, 2311.06602. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.06602>
- Krause, D. (2023). Large language models and generative ai in finance: An analysis of chatgpt, bard, and bing ai. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4511540>
- Lambert N., Castricato, L., Von Werra, L., Havrilla, A. (2022). Illustrating reinforcement learning from human feedback (rlhf). *Hugging Face Blog*. <https://huggingface.co/blog/rlhf>.
- Lopez-Lira, A., & Tang, Y. (2023). Can chatgpt forecast stock price movements? Return predictability and large

- language models. *arXiv*, 2304.07619.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.07619>
- Mangram, M. E. (2013). A simplified perspective of the markowitz portfolio theory. *Global Journal of Business Research*, 7 (1), 59-70.
<https://ssrn.com/abstract=2147880>
- Niszczoła, P., & Abbas, S. (2023). Gpt has become financially literate: Insights from financial literacy tests of gpt and a preliminary test of how people use it as a source of advice. *Finance Research Letters*, 58, 104333.
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104333>
- Oehler, A., & Horn, M. (2024). Does chatgpt provide better advice than robo advisors?. *Finance Research Letters*, 60, 104898. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104898>
- Pegoraro, A., Kumari, K., Fereidooni, H., & Sadeghi, A. R. (2023). To chatgpt, or not chatgpt: That is the question!. *arXiv*, 2304.01487.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.01487>
- Pelster, M., & Val, J. (2024). Can chatgpt assist in picking stocks?. *Finance Research Letters*, 59, 104786.
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104786>
- Ray, P. P. (2023). Chatgpt: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 121-154.
<https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.003>
- Romanko, O., Narayan, A., & Kwon, R.H. (2023). Chatgpt-based investment portfolio selection. *Operations Research Forum*, 4(4). <https://doi.org/10.1007/s43069-023-00277-6>

- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, AN, Kaiser, Ł., Polosukhin, I., (2017). *Attention is all you need*. 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017) [Conference presentation], Long Beach, CA, USA.
- Wu, S., Irsoy, O., Lu, S., Dabrovolski, V., Dredze, M., Gehrmann, S., ... & Mann, G. (2023). Bloomberggpt: A large language model for finance. *arXiv*, 2303.17564. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.17564>
- Xie, Q., Han, W., Chen, Z., Xiang, R., Zhang, X., He, Y., ... & Huang, J. (2024). The finben: An holistic financial benchmark for large language models. *arXiv*, 2402.12659. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.12659>
- Xie, Q., Han, W., Lai, Y., Peng, M., & Huang, J. (2023a). The wall street neophyte: A zero-shot analysis of chatgpt over multimodal stock movement prediction challenges. *arXiv*, 2304.05351. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.05351>
- Xie, Q., Han, W., Zhang, X., Lai, Y., Peng, M., Lopez-Lira, A., & Huang, J. (2023b). Pixiu: A large language model, instruction data and evaluation benchmark for finance. *arXiv*, 2306.05443. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.05443>
- Yang, Y., Uy, MCS, & Huang, A. (2020). Finbert: A pretrained language model for financial communications. *arXiv*, 2006.08097. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.08097>
- Zhang, Z., Zhang, H., Chen, K., Guo, Y., Hua, J., Wang, Y., & Zhou, M. (2021). Mengzi: Towards lightweight yet ingenious pre-trained models for chinese. *arXiv*, 2110.06696. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.06696>

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PERSPEKTİFİNDEN TÜRKİYE YÜKSEKÖĞRETİMİNDE KALİTE GÜVENCESİ

Mehmet TEPELİ¹

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dijital teknolojilerin hızla gelişmesi, yükseköğretim kurumlarının yönetimini yeniden şekillendirmiştir. Akademik faaliyetlerin artan karmaşıklığı, hesap verebilirlik ve şeffaflığa olan artan taleple birleşerek, Yönetim Bilişim Sistemlerini (YBS) kurumsal etkinliğin temel taşı haline getirmiştir. Bu sistemler yalnızca idari verimlilik araçları olarak değil, aynı zamanda veri odaklı karar alma süreçlerini, akademik ve kalite güvence çerçevelerine entegre eden stratejik kolaylaştırıcılar olarak da hizmet vermektedir. Dünya genelindeki üniversiteler ve özellikle Türkiye'deki üniversiteler uluslararası standartlara uyum sağlamaya çalışırken, YBS'nin kalite güvencesini, akreditasyonu ve dijital dönüşümü desteklemedeki rolü giderek daha kritik hale gelmektedir.

Yükseköğretimde kalite güvencesi, salt bir uyum mekanizmasının ötesine geçerek, paydaş katılımı, sürekli iyileştirme ve kurumsal öğrenmeye odaklanan dinamik bir süreç olarak işlev görmektedir. YBS'nin bu sürece entegrasyonu, yükseköğretim kurumlarına performans göstergelerini izleme, veri akışlarını yönetme ve sonuçları şeffaf ve kanıta dayalı bir şekilde değerlendirme ve raporlandırma kapasitesi sağlamaktadır.

¹ Doktorant, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri ABD, Burdur, mtepli@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6054-9562.

Dijital dönüşüme doğru küresel hareket, YBS'nin yükseköğretimdeki kapsamını daha da genişletmiştir. YBS'nin yapay zekâ (YZ), büyük veri analitiği ve öğrenme analitiği gibi gelişen teknolojilerle bir araya gelmesi, kurumların veri toplama, analiz etme ve yorumlama biçimlerini kökten değiştirmektedir. Türkiye'de bu dönüşüm politikaları, entegre bilgi yönetim sistemleri ve veri odaklı kalite süreçlerinin kurulmasını vurgulayan Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) tarafından desteklenmektedir. Ancak bu dönüşüm zorluklarla da karşılaşmaktadır. Veri gizliliği, kaynak kısıtlamaları ve teknolojik değişime direnç gibi sorunlar kalıcı engeller olmaya devam etmektedir. Bu zorlukların ele alınması, YBS'nin tüm potansiyelinin gerçekleştirilmesi için elzem olacaktır.

Bu bölüm, Türkiye yükseköğretimi bağlamında Yönetim Bilgi Sistemleri ve Kalite Güvencesi kesişimini incelemektedir. YBS'nin stratejik yönetimi, akreditasyonu ve sürekli iyileştirmeyi nasıl desteklediğini vurgularken, kalite süreçlerine entegrasyonunun önemine de değinmektedir. Böylece, giderek daha fazla veri odaklı hale gelen bir dünyada yükseköğretim kurumlarının kaliteyi, hesap verebilirliği ve rekabet gücünü artırmak için YBS'den nasıl yararlanabileceğine dair daha geniş bir anlayışa katkıda bulunmaktadır.

2. YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ: KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), kurumların karar alma, planlama, koordinasyon ve denetim süreçlerinde bilgi teknolojilerinden etkin biçimde yararlanmasını sağlayan bütünleşik bir yapıdır. Bu bölümde öncelikle YBS'nin tanımı, bileşenleri ve temel işlevleri ele alınarak sistemin kuramsal temelleri açıklanmaktadır. Ardından eğitim kurumlarının özgün yapısı çerçevesinde YBS uygulamaları incelenmekte ve son

olarak kalite yönetimi ile bilişim sistemleri arasındaki kurumsal bağlar değerlendirilmektedir.

2.1. YBS'nin Tanımı, Bileşenleri ve Temel İşlevleri

Yönetim Bilişim Sisteminin (YBS) literatürde çeşitli tanımlarına rastlanmaktadır. YBS, işletme operasyonlarını ve kurumsal karar alma süreçlerini destekleyen bilgi üretmek üzere tasarlanmış sistematik bir süreçler kümesini ifade eder. Genellikle, yöneticilere bilinçli kararlar almaları için gerekli bilgileri sağlamak üzere birden fazla kaynaktan verileri toplayan, işleyen, depolayan ve raporlanmasını sağlayan bilgi sistemi olarak tanımlanır (Subaşı ve Mazlum, 2025). Bu bağlamda YBS, hem iç veya dış kaynaklardan elde edilen verilere dayanarak, tüm kurumsal düzeylerdeki karar vericilere doğru ve zamanında bilgi sunmak için resmi prosedürleri kullanan ve böylece farklı işlevsel alanlarda etkili kararlar alınmasını kolaylaştıran entegre bir sistem olarak tanımlanabilir (Adeoti-Adekeye, 1997).

Son yıllarda Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), insan, teknoloji ve işletme arasındaki ilişkileri bütüncül biçimde ele alan, hızla gelişen bir disiplin haline gelmiştir. Bu alan, kurumsal performansı artırmak amacıyla teknolojinin stratejik ve yönetsel kullanımına odaklanmaktadır (Akıncı ve Kahraman, 2024). Üniversiteler, diğer kuruluşlar gibi insan, finansal ve maddi kaynaklara dayanmakla birlikte, akademik yapıların karmaşıklığı nedeniyle karar alma süreçlerinde farklılık gösterir. Etkin bilgi yönetimi, üniversitelerde idari ve akademik kararları destekleyen verilerin sistematik biçimde toplanması, saklanması ve analiz edilmesini sağlar.

Bir bilgi sisteminin başlıca bileşenleri girdiler, modeller, çıktılar, teknoloji, veri tabanı ve kontrol mekanizmalarıdır. Bilgi üretimini etkileyen unsurlar ise entegrasyon, kullanıcı arayüzü, veri işleme gereksinimleri, rekabet gücü, bilgi kalitesi, sistem ve kurumsal ihtiyaçlar, finansal-verimlilik kısıtları ve insan faktörü

olarak özetlenebilir (Dinçerden, 2017). Bu bileşenler arasındaki etkileşim Şekil 1’de gösterilmektedir.

Şekil 1. Bilgi Sisteminin Temel Bileşenleri



Kaynak: (Dinçerden, 2017: 138)

Bilgi yönetim sistemleri, karar destek sistemi, yönetim bilgi sistemi, yönetim destek sistemi ile grup destek sistemi gibi farklı yapılarda dizayn edilmektedir. Yönetim Bilişim Sistemi (YBS)’nin bu sistemlerin tümünü içerisinde barındıran bütünlüklü bir yapıdır (Samur, 2023). Yönetim Bilgi Sistemleri (YBS), kuruluşlar içinde karar alma, koordinasyon, kontrol ve analizi desteklemek için bilginin toplanmasını, işlenmesini, depolanmasını ve yayılmasını kolaylaştıran yapılandırılmış sistemlerdir. YBS'nin benimsenmesi, kurumsal verimliliği ve etkinliği artırmak için hayati önem taşır. Ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojilerinin yönetim süreçlerine entegre edilmesi modern kuruluşlar için vazgeçilmez hale gelmiştir (Golovko ve Nikiforova, 2018).

2.2. Eğitim Kurumlarına Özgü YBS Uygulamaları

Eğitim kurumlarında Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) uygulamaları, idari verimliliği artırmak ve öğrenme süreçlerini desteklemek üzere tasarlanmıştır. Bu bağlamda, YBS, eğitim yöneticilerinin ve öğretmenlerin bilgi ihtiyaçlarını karşılayarak karar alma süreçlerinin iyileştirilmesine katkıda bulunur. Ayrıca, YBS, hem kamu hem de özel eğitim kurumlarının esnek ve teknoloji odaklı öğrenme ortamlarına uyum sağlamasına yardımcı olmada hayati bir rol oynar (Zulueta vd., 2021). Akademik bilgi sistemlerinin uygulanması, eğitimde dijital dönüşüm çabalarının da önemli bir bileşeni haline gelmiş ve eğitim kalitesinin artırılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur (Aini vd., 2023).

YBS'nin eğitimdeki uygulama alanları, öğrenci kaydı ve takibi, müfredat yönetimi ve performans izleme gibi geniş bir yelpazeyi kapsar. YBS, eğitim süreci boyunca bilgilerin analiz edilmesine ve yönetilmesine olanak tanıyarak veri odaklı karar almayı kolaylaştırır. Örneğin, Öğrenme Yönetim Sistemleri (ÖYS), çevrimiçi öğrenme ortamlarına erişim sağlayarak ve öğrenci performansının daha yakından izlenmesini sağlayarak sınıf yönetimini iyileştirir (Çevik ve Yörük, 2023). Benzer şekilde, YBS, performans izleme ve değerlendirme süreçlerini de güçlendirir. Öğretim elemanı performansına ve öğrenci başarısına ilişkin verileri toplayıp analiz ederek, bu sistemler öğretim yöntemlerini ve öğrenme çıktılarını iyileştirmek için değerli geri bildirimler sağlar ve böylece genel eğitim kalitesine katkıda bulunur (Ayhan, 2016). YBS, hizmet standartlarının uygulanmasını ve sürekli iyileştirilmesini destekleyerek kurumsal bilgi yönetimini daha da geliştirir (Mindaña, 2020; Atış vd., 2023). Ayrıca, YBS uygulamaları öğrenci memnuniyetini artırmayı ve eğitimcilerin mesleki gelişimini desteklemeyi amaçlamaktadır (Nurhidayah ve Muliansyah, 2023).

2.3. Kalite Yönetimi ile Bilişim Sistemleri Arasındaki Kuramsal Bağlar

Kalite Yönetim Sistemleri (KYS), ürün ve hizmet kalitesini iyileştirmek için tasarlanmış sistematik yaklaşımlardır. Bilgi sistemleri ise bu süreç boyunca veri toplama, analiz ve karar desteği gibi tamamlayıcı işlevleri yerine getirir (O'Mahony ve Garavan, 2012; Yulianti vd., 2024).

Etkili kalite yönetimi, kuruluşların süreçlerini optimize ederken müşteri memnuniyetini ve çalışan katılımını artırmalarını sağlar (Shynar ve Yessinbayeva, 2023). Bilgi sistemleri ise kuruluşların kaynakları etkili bir şekilde yönetme ve kaliteli hizmetlerin tutarlı bir şekilde sunulmasını sağlama becerilerini geliştirir. Veri yönetiminde temel bir araç olan bilgi sistemleri, kalite döngüsü boyunca sürekli geri bildirim üreterek kalite standartlarını izlemelerine ve iyileştirmelerine olanak tanır (Becket ve Brookes, 2006; Liu ve Changsheng, 2023). Bilgi sistemlerinin bu sistematik yapısı, karar alma süreçlerini güçlendirir ve kanıta dayalı yönetimi teşvik eder (Nguyen vd., 2021). Bu bağlamda, kalite yönetimi ve bilgi sistemleri, kurumsal mükemmelliğin birbirini destekleyen bileşenleri olarak işlev görür (Ayodeji vd., 2021). Bu bağlamda yapılan çalışmalar, kalite yönetim sistemlerini bilgi sistemleriyle entegre eden kuruluşların üstün süreç iyileştirmeleri ve daha yüksek müşteri memnuniyeti seviyeleri elde ettiğini tutarlı bir şekilde göstermektedir (Kafetzopoulos vd., 2015; Pambreni vd., 2019).

Son olarak hem KYS'nin hem de bilgi sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması, büyük ölçüde kurumsal bağlılığa ve üst düzey yönetim desteğine bağlıdır (Welsh ve Dey, 2002). Kalite girişimlerinin liderler tarafından onaylanması, bilgi sistemleri ve kalite yönetimi uygulamaları arasındaki sinerjiyi güçlendirerek çıktıların iyileştirilmesini sağlar (Astuti ve Wulandari, 2020; Istihana vd., 2022).

3. TÜRKİYE YÜKSEKÖĞRETİMİNDE KALİTE GÜVENCESİ SİSTEMİNİN GELİŞİMİ

Bu bölümde Türkiye yükseköğretiminde kalite güvencesi sisteminin gelişimi bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmaktadır. Öncelikle kalite güvencesi kavramı ve yükseköğretimdeki yeri açıklanmıştır. Ardından Türkiye’de kalite güvencesi politikalarının tarihsel gelişimi incelenmiş ve Yükseköğretim Kalite Kurulu’nun (YÖKAK) rolü ve kurumsal iç-dış değerlendirme süreçleri ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Son olarak PUKÖ (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al) döngüsü yaklaşımına ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Kalite Güvencesi Kavramı ve Yükseköğretimdeki Yeri

Kalite, farklı bağlamlar ve disiplinler arasında önemli ölçüde farklılık gösteren çok yönlü bir kavram olması, evrensel olarak kabul görmüş bir tanıma ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Teknik açıdan kalite, *"1) bir ürün veya hizmetin belirtilen veya ima edilen ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özellikleri; 2) eksiklik içermeyen bir ürün veya hizmet"* olarak tanımlanır (Quality Glossary [Kalite Sözlüğü], 2025). Philip Crosby, kaliteyi "gereksinimlere uygunluk" olarak vurgulayarak, kalitenin değerlendirilmesinde ölçülebilir kriterlerin önemine değinmiştir (Solin ve Curry, 2022). Eğitim alanında kalite ise öğretme ve öğrenme süreçlerini, öğrenme ortamını ve eğitim çıktılarının algılanan değerini kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak kavramsallaştırılmaktadır (Erguvan, 2016).

Standartlar, kalitenin tanımlanmasında ve değerlendirilmesinde temel bir referans noktası görevi görür. Standart kavramı, zamana dayalı karşılaştırmalar, kurumlar arası değerlendirmeler, öğrenci beklentilerinin belirlenmesi, öğrenme çıktısı düzeylerinin belirlenmesi ve belirlenmiş ölçütlerin yeterliliğinin değerlendirilmesi gibi birden fazla anlam taşır

(Doherty, 1997). Nihayetinde kalite, bir kurumun, ürünün veya hizmetin belirlenmiş standartları ne kadar etkili bir şekilde karşıladığını yansıtır ve bu standartlar ölçülebilir kriterler aracılığıyla sistematik olarak değerlendirilebilir. Birçok ülke, kurum ve kuruluşlarla iş birliği yaparak, eğitim sistemleri arasında karşılaştırılabilirliği ve sürekli iyileştirmeyi teşvik etmek için eğitim kalitesi standartları oluşturmaktadır (Göksoy, 2014).

Kalite ve kalite güvence sistemleri, entegre bir bütün olarak çalışmaktadır ve akreditasyon kavramıyla yakından bağlantılıdır (Özen, 2022). Yükseköğretimde Kalite Güvencesi (KG), kurumların eğitim hizmetlerinin belirlenmiş standartları karşılamasını ve sürekli iyileştirmeyi teşvik etmesini sağlayan sistematik süreçleri ifade eder. KG yalnızca idari bir yapı değil, üniversitelerin eğitim kalitesini artırma, hesap verebilirliği sağlama ve sürekli gelişim kültürünü teşvik etme taahhüdünü temsil eder. Yapılandırılmış kalite güvence uygulamaları sayesinde üniversiteler, iç süreçleri düzene sokabilir, operasyonel verimliliği artırabilir ve öğrenme ortamını iyileştirebilir (Khdair ve Shebli, 2022; İbrahim ve Mohibbi, 2024).

3.2. Türkiye’de Kalite Güvencesi Politikalarının Tarihsel Gelişimi

Türkiye’de kalite güvence politikalarının tarihsel gelişimi, yükseköğretim sisteminin şekillenmesinde ve uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Yükseköğretimin 1981’de yeniden yapılandırılması, kalite güvence uygulamalarının başlangıç noktasını oluşturmuştur. 1990’larda eğitim kalitesiyle ilgili tartışmaların artması, bu girişimlerin resmileşmesinde önemli bir adım olan Yükseköğretim Kurulu’nun (YÖK) kurulmasına yol açmıştır (Özer vd., 2011). 2000’li yıllarda Türkiye, Bologna Süreci’ne katılım yoluyla Avrupa Yükseköğretim Alanı’na daha fazla entegre olmuş, bu süreç yükseköğretimde kalite güvence

sistemlerinin kurumsallaşması ve akreditasyon mekanizmalarının güçlendirilmesinde önemli bir kilometre taşı olmuştur (Koçdar ve Kapor, 2017). Yükseköğretim Kalite Kurulu'nun (YÖKAK) 2010 yılında kurulması, Türk üniversitelerinde sistemli iç değerlendirme ve akreditasyon süreçlerinin temelini oluşturmuştur (Yörüköğlü vd., 2009). 2015 yılında çıkarılan yönetmeliklerle birlikte, üniversitelerde iç değerlendirme raporlarının hazırlanması zorunlu hale gelmiştir. Bu yönetmelik, sürekli öz değerlendirme ve iyileştirmeyi kurumsallaştırmış, akreditasyon süreçlerinin genişlemesiyle de ulusal ve uluslararası düzeyde rekabeti ve kalite kıyaslamasını teşvik etmiştir (Çamkaya, 2024; Aydın ve Yıldırım, 2025). Türkiye'de yükseköğretim politikalarının bu evrimi hem ulusal hem de küresel bakış açılarını bütünleştiren kalite güvence yaklaşımlarının giderek daha fazla benimsenmesini sağlamıştır.

3.3. Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) ve Kurumsal İç-Dış Değerlendirme Süreçleri

Türkiye'de kalite yönetim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, ulusal gelişmelerin bu alandaki küresel girişimlerle paralel ilerlediği görülmektedir. Kamu yönetimi çerçevesinde bazı uygulama zorlukları devam etse de yükseköğretim sistemindeki uygulamalar küresel eğilimlere ve yeniliklere giderek daha duyarlı hale gelmektedir. Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK), üniversitelerde kalite güvence süreçlerinin düzenlenmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. YÖKAK tarafından yükseköğretim kurumlarında uygulanan kalite değerlendirme ve raporlama mekanizmaları Şekil 2'de özetlenmiştir.

Şekil 2. YÖKAK Değerlendirme Programları



Kaynak: (YÖKAK, 2023: 4)

Yükseköğretim kalite uygulamaları kapsamında kamuoyunu ve paydaşları yapılandırılmış raporlama yoluyla bilgilendirmeyi amaçlayan en önemli belgelerden biri, Kurumsal İç Değerlendirme Raporu'dur (KİDR). Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) gözetiminde her üniversite tarafından yıllık olarak hazırlanan ve yayımlanan bu raporlar, YÖKAK Değerlendirme Kriterleri, Kurumsal İç Değerlendirme Raporu Hazırlama Rehberi, YÖKAK Rubriği ve önceki iç ve dış değerlendirme raporları (Yükseköğretim Kalite Kurulu, 2024) doğrultusunda Kalite Güvence Yönetim Bilgi Sistemi (KYYs) aracılığıyla gerçekleştirilir. KİDR aracılığıyla üniversiteler, stratejik yönetim çerçevesinde geliştirdikleri kalite güvence politikalarını, uygulama stratejilerini ve iyileştirme önlemlerini sunarlar. Raporlar, her kurum bünyesinde kurulan Kalite Komisyonları tarafından hazırlanır (Taş vd., 2021).

YÖKAK tarafından geliştirilen Kurumsal Dış Değerlendirme Programı (KDDP), yükseköğretim kurumlarının eğitim, araştırma, geliştirme ve yönetim süreçlerini belirlenmiş kriterlere göre değerlendirmeyi amaçlamaktadır. KDDP'ye katılım en az beş yılda bir zorunludur. Yıllık KİDR başvuruları, bu dış değerlendirmelerin temelini oluşturur. Katılımcı kurumlar

belirlendikten sonra, YÖKAK uzman havuzundan seçilen değerlendirme ekipleri hem bir ön inceleme hem de bir saha incelemesi gerçekleştirir. Bu ziyaretlerin ardından, YÖKAK tarafından Kurumsal Geri Bildirim Raporu (KGBR) hazırlanır ve kamuoyuna açıklanır. Dış değerlendirmeden sonraki iki yıl içinde, kurumlar, YÖKAK değerlendiricilerinin üniversitenin tespit edilen iyileştirme alanlarını ele alma konusundaki ilerlemesini incelediği bir izleme aşamasına girer. İzleme süreci sonunda oluşturulan İzleme Raporu, kurumun düzeltici eylemlerini, devam eden zorluklarını ve güçlü yönlerinin sürdürülebilirliğini ayrıntılı olarak açıklamaktadır.

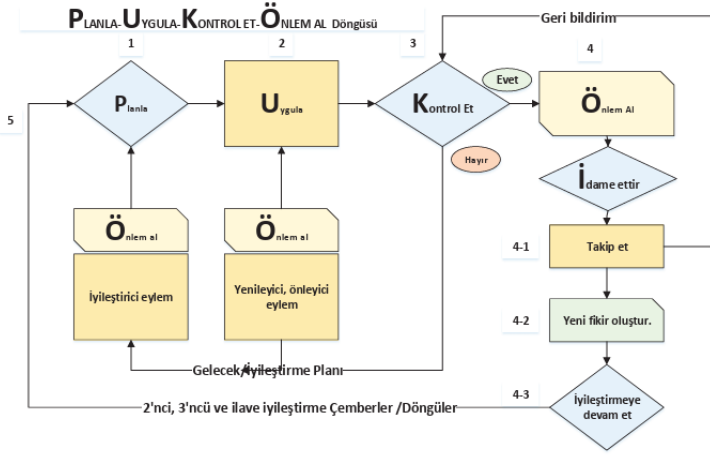
Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) tarafından 2020 yılında uygulamaya konulan Kurumsal Akreditasyon Programı (KAP), kalite güvence sistemleri, eğitim-öğretim, araştırma-geliştirme, toplumsal katkı ve yönetim uygulamaları gibi temel alanlarda planlama, uygulama, kontrol ve ihtiyati tedbir döngüsünün etkinliğini ve verimliliğini değerlendirir. Değerlendirme süreçleri, YÖKAK'ın Kurumsal Dış Değerlendirme ve Akreditasyon Kriterleri'ne göre yürütülür. Süreç sonunda, kriterlere göre performansı değerlendiren, alt kriterler için olgunluk seviyelerini belirleyen ve kurumsal güçlü yönleri, iyileştirme alanlarını ve önerileri belirleyen bir Kurumsal Akreditasyon Raporu (KAR) hazırlar (YÖKAK, 2023).

3.4. PUKÖ Döngüsü (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al) ve Kalite Kültürü

Yaygın olarak PDCA döngüsü olarak bilinen PUKÖ (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al) döngüsü, sağlık, üretim ve eğitim de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde uygulanan, sürekli iyileştirme için yaygın olarak kabul görmüş bir çerçevedir. 1930'larda Walter Andrew Shewhart'ın çalışmalarından kaynaklanan ve daha sonra William Edwards Deming tarafından geliştirilen PUKÖ metodolojisi, modern kalite yönetim

sistemlerinin temel taşı haline gelmiştir (Fukui vd., 2003; Ünal vd., 2023). YÖKAK, yönetmelik ve kılavuzlarında PUKÖ döngüsünü kurumsal kalite güvence sistemlerini güçlendirmenin merkezi bir bileşeni olarak açıkça önermektedir (Yükseköğretim Kalite Kurulu, 2024). PUKÖ yönetim döngüsünün temel yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 3. PUKÖ Döngüsü



Kaynak: (Derdiyok, 2019: 181)

PUKÖ döngüsünün ilk aşaması Planlama aşamasıdır. Yükseköğretim kurumlarında bu aşama, öğrenciler, öğretim üyeleri ve endüstri ortakları dahil olmak üzere paydaş ihtiyaçlarına göre stratejik önceliklerin ve geliştirme alanlarının belirlenmesini içermektedir (Amtu vd., 2021). İkinci aşama olan Uygulama, kuruluşların önerilen değişikliklerin gerçek zamanlı etkisini gözlemlemelerine ve gerekli ayarlamaları yapmalarına olanak tanır (Chen ve Zhang, 2024). Kontrol aşaması, uygulanan eylemlerin sonuçlarını değerlendirmeye odaklanır (Nicolay vd., 2012). Son aşama olan Önlem Alma aşaması, değerlendirme aşamasından öğrenilen stratejileri iyileştirmek, başarılı uygulamaları standartlaştırmak ve çözülmemiş sorunları bir sonraki iyileştirme döngüsüne yeniden dahil etmek için

uygulanmasını içerir (Xu vd. , 2023). PUKÖ modelinin bu yinelemeli yapısı, kurumsal süreçler genelinde dayanıklılık, uyum ve sürdürülebilir iyileştirmeyi destekler. Ayrıca PUKÖ döngüsü yükseköğretimde kalite güvencesi için yapılandırılmış bir temel sağlar.

4. YBS PERSPEKTİFİNDEN KALİTE GÜVENCESİ

Bu bölümde Türkiye Yükseköğretiminde kalite güvencesi süreçleri, Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) perspektifinden ele alınmaktadır. YBS'nin veri toplama, işleme ve analiz süreçlerinde oynadığı merkezi rol açıklanarak, karar alma ve izleme mekanizmalarına sağladığı katkılar değerlendirilmiştir. Ayrıca kalite süreçlerinin bilişim altyapısıyla desteklenmesi incelenmekte ve paydaş katılımı ile şeffaflığın dijital çözümler aracılığıyla nasıl güçlendirilebileceği açıklanmaktadır.

4.1. Veri Toplama, İşleme ve Analiz Süreçlerinde YBS'nin Rolü

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), veri toplama, işleme ve analiz süreçlerinde hayati bir rol oynar. Kalite süreçlerini kapsamak üzere tasarlanan YBS, karar alma süreçlerini destekler, analitik yetenekleri güçlendirir ve operasyonel verimliliği artırır. Bu sistemler, yapılandırılmış veri akışını sağlamak, veri bütünlüğünü korumak ve kanıta dayalı karar almayı kolaylaştırmak için gerekli altyapıyı sunmaktadır.

YBS, veri toplama aşamasında, kuruluşların ihtiyaç duydukları bilgilere hızlı ve doğru bir şekilde erişmesini sağlar. YBS, veri girişini otomatikleştirerek insan hatasını en aza indirir ve verilerin zamanında ve doğru olarak iletilmesini sağlar. Ayrıca YBS, birden fazla kaynaktan gelen verileri entegre ederek, veri çeşitliliğinin yönetimini destekler ve büyük, karmaşık veri

kümelerinin yorumlanabilirliğini artırır. Veri işleme aşamasında YBS, bilgilerin analize uygun olduğundan emin olmak için veri temizleme, dönüştürme ve doğrulama işlemlerini kolaylaştırır (Yu, 2022). Veri analizi aşamasında YBS, veri kümelerindeki kalıpları, eğilimleri ve ilişkileri ortaya çıkarmaya katkıda bulunur. Gelişmiş analitik özellikler, kurumların bilgileri görselleştirmesine ve eyleme geçirilebilir öngörüler elde etmesine olanak tanır (Colldén ve Hellström, 2018).

4.2. Kalite Süreçlerinin Bilişim Altyapısı ile Desteklenmesi

Kalite süreçlerinin bilişim altyapısıyla desteklenmesi, kurumsal verimliliği artırmada ve sektörler genelinde süreç kalitesini iyileştirmede kritik bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bilgi teknolojileri (BT), karmaşık veri yapılarının yönetilmesinde ve kalite yönetimi uygulamalarının optimize edilmesinde hayati bir rol oynar. Bu teknolojiler doğru şekilde yapılandırıldığında, hizmet mükemmelliğinin ve operasyonel iyileştirmenin temel unsurları haline gelir, süreç verimliliğini önemli ölçüde artırır ve sürdürülebilir kalite gelişimini destekler (Berhan ve Kitaw, 2011).

Kalite güvence sistemleri çerçevesinde, BT altyapısı kurumsal performansın iyileştirilmesinde merkezi bir rol oynar. Bilgi hizmetlerinin kalitesinin artırılması, müşteri memnuniyetini ve hizmet güvenilirliğini doğrudan etkileyerek genel süreç kalitesini güçlendirir. Bu iyileştirme hem iç sistem operasyonlarının optimizasyonunu hem de dış hizmet eksikliklerinin azaltılmasını kapsar (Kettinger vd., 1995). Çalışmalar, kurumsal altyapı ile eğitim süreçleri arasındaki uyumun öğrencilerin akademik başarısını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (Norawati vd., 2024).

Küresel rekabet ve veri merkezli ekonominin etkisiyle bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, yükseköğretim

sistemlerini kalite güvence mekanizmalarını yeniden yapılandırmaya ve modernize etmeye yöneltmiştir (Özdağoğlu vd., 2020). Bilişim altyapısı, sürekli iyileştirme, dış değerlendirme ve veriye dayalı hesap verebilirliği mümkün kılarak yükseköğretimde etkili kalite yönetiminin temelini oluşturmaktadır.

4.3. Paydaş Katılımı ve Şeffaflık İçin Dijital Çözümler

Kurumlarda etkili kalite güvencesi, sistematik ve sürdürülebilir paydaş katılımına bağlıdır. Bu bağlamda, dijital çözümler, katılımı güçlendirmede ve kurumsal süreçler genelinde şeffaflığı sağlamada hayati bir rol oynamaktadır. Yönetim bilgi sistemleri (YBS), paydaşların karar alma süreçlerine aktif olarak katılmalarını sağlayarak daha demokratik ve şeffaf bir kurumsal kültür oluşturur.

YBS, farklı kurumsal düzeylerden bilgi toplanmasını, bütünleştirilmesini ve analiz edilmesini kolaylaştırarak paydaş ihtiyaç ve bakış açılarının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca YBS, açık iletişim ve iş birliğine dayalı veri paylaşımı sayesinde güveni ve hesap verebilirliği güçlendirir. Eğitim ortamlarında, dijital kalite güvence portalları yalnızca kullanıcı katılımını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda süreç izlenebilirliğini ve hesap verebilirliği de sağlayarak kurumsal gelişime katkıda bulunur.

5. TÜRKİYE YÜKSEKÖĞRETİMİNDE YBS DESTEKLİ UYGULAMA

Yönetim Bilgi Sistemlerinin (YBS) kurumların karar alma süreçlerini destekleyerek, stratejik hedeflerin belirlenmesinde ve bu hedeflere ulaşmak için gerekli adımların planlanmasında merkezi bir fonksiyona sahiptir. Dijital dönüşüm bağlamında, YBS tarafından sağlanan veri analitiği ve iş zekâsı araçlarının

kullanımı, akademik kurumlarda stratejik yönetimi ve kanıta dayalı karar alma süreçlerini önemli ölçüde güçlendirmektedir (Ü. Fidan, 2024; Büyükbostancı ve Koçak, 2025).

YÖKAK tarafından yayınlanan Kurumsal İç Değerlendirme Raporu Hazırlama Rehberi (Sürüm 3.2.1) incelendiğinde, Liderlik, Yönetişim ve Kalite kriterleri arasında yer alan alt kriterlerden biriside Bilgi Yönetim Sistemi'dir. YÖKAK'ın web sitesi üzerinden yayımladığı bazı üniversitelerin Kurumsal Geri Bildirim Raporları (KGBR) incelendiğinde, Bilgi Yönetim Sistemi (BYS) yapılarına ilişkin değerlendirmelerde sıklıkla "temel performans göstergelerini izlemek için entegre bir bilgi yönetim sistemine ihtiyacı", "kalite yönetim süreçlerini izlemek için dinamik araçların eksikliği" ve "farklı sistemlerin tek bir stratejik planlama ve bilgi yönetimi yapısı altında birleştirilmesi gerekliliği" gibi konulara dikkat çekilmektedir. Ayrıca "veri toplama ve izleme için entegre bilgi yönetim sistemleri geliştirme çabalarının sürekli iyileştirme gerektiren alanlar" olduğunu vurgulamaktadır (Doğu, 2025). Bu bulgular, güçlü YBS uygulamalarının stratejik planlama, iç kontrol ve akreditasyon süreçlerini iyileştirmek için vazgeçilmez olduğunu açıkça göstermektedir. Dolayısıyla, tam entegre ve birlikte çalışabilir bilgi yönetim sistemlerinin kurulması, yükseköğretimde kurumsal mükemmelliğe ulaşma ve kalite güvencesini sürdürme yolunda kritik bir adım teşkil etmektedir.

YÖKAK kurulmasıyla birlikte, kurumlar YÖKAK'ın kalite güvence perspektifinden ilham alan Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) ve karar destek çerçevelerine dayalı uygulamaları giderek daha fazla geliştirmiş veya benimsemiştir. YÖKAK'ın örnek uygulama olarak değerlendirdiği başlıca uygulamalara Karadeniz Teknik Üniversitesi Stratejik Plan Bilgi Sistemi (SPBS), Sakarya Üniversitesi Bilgi Platformu (SABİS), Başkent Üniversitesi tarafından geliştirilen Stratejik Planlama Sistemi (STRASIS), Gazi Üniversitesi tarafından geliştirilen

Kurumsal Veri Yönetim Sistemi (KVYS), Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde (ODTÜ), Stratejik Planlama ve Kalite Bilgi Sistemi (SKYBIS), İzmir Katip Çelebi Üniversitesi (İKÇÜ) tarafından geliştirilen ve T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından onaylanan Üniversite Bilgi Yönetim Sistemi (ÜBYS) örnek verilebilir. Bu uygulamalar değerlendirildiğinde kalite süreçlerini de kapsayacak ve bütüncül bir yapıda şekilde veri yönetimi, izleme-önlem alma, paydaş katılımı, dijital raporlama, karar destek sistemi, akademik faaliyetlerin yönetimi vb. yapı veya modülleri içerisinde barındırdığı görülmektedir. Dolayısıyla YBS'nin özellikle kalite süreçlerine yönelik sağladığı sistematik katkı bu uygulamalarda görülmektedir.

6. KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR VE ÖNERİLER

Yükseköğretimde kalite güvencesi uygulamaları şeffaflık, hesap verebilirlik ve sürekli iyileştirmeyi sağlayacak şekilde tasarlanmış olsa da bu sürecin etkin bir şekilde yürütülmesinde çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar genel olarak kurumsal kapasite ve insan kaynağı kısıtlamaları, veri güvenliği endişeleri, teknolojik altyapıdaki eşitsizlikler ve Yönetim Bilgi Sistemlerinin (YBS) etkin kullanımının önündeki kültürel veya yapısal engeller olarak sınıflandırılabilir.

Yükseköğretim kurumları, sınırlı kurumsal kapasite ve insan kaynağı nedeniyle akreditasyon süreçlerinde zorluklar yaşayabilmektedir. Araştırmalar, akreditasyonun öğretim üyeleri arasında yaygın olarak önemli kabul edilmesine rağmen, kurumsal öz değerlendirme süreçlerinde uygulama eksikliklerinin sıklıkla bildirildiğini göstermektedir (Semerci vd., 2021). Diğer yandan kalite güvencesi sistemleri, üniversitelerarası rekabetin arttığı günümüz ortamında genellikle merkezi bir denetim mekanizmasına yönelik tasarlanmaktadır.

Bu yapısal sorun, kurumların küresel akreditasyon standartlarıyla tam olarak uyum sağlamasını zorlaştırmaktadır (Atatekin ve Dulupçu, 2018; Koçoğlu, 2023). Kalite güvencesinin sürdürülebilirliğini sağlamak için uluslararası iş birliklerini teşvik etmek, kurumsal kapasiteyi güçlendirmek ve yerel çerçeveler uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilebilir (Semerci vd., 2021; M. Fidan vd., 2022). Ayrıca, öğretim üyelerinin kalite süreçlerine katılımını ve tutumlarını iyileştirmek için mesleki gelişim girişimleri ve farkındalık programları uygulanmalıdır.

Bir diğer zorluk ise, YBS'nin başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli teknolojik altyapı ve kaynak tahsisinin yetersizliğidir. Birçok üniversite, kapsamlı bilgi yönetim sistemleri kurmak için gerekli teknik ve finansal araçlardan yoksundur ve bu da kurumsal kapasite geliştirmeyi kritik bir gereklilik haline getirmektedir (Legowo vd., 2019; Mursidi, 2022). Eğitim kurumları daha fazla dijital ve uzaktan öğrenme modellerini benimsedikçe, kalite güvence süreçlerinin etkili yönetimi için yeni ve uyumlu çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Koçdar ve Kapar, 2017; Özen, 2022). Ayrıca öğrenci katılımı ve memnuniyeti gibi faktörlerin bu sistemlere dahil edilmesi, kalite güvence uygulamalarının sürdürülebilirliğini ve etkinliğinin artırılmasına yardımcı olabilir (Maral, 2022).

Yükseköğretimde kalite güvencesi oluşturulmasında karşılaşılan veri güvenliği ve mahremiyeti sorunu, günümüz dijitalleşen eğitim süreçleri içinde oldukça kritik bir alan olarak öne çıkmaktadır. Eğitim kurumlarının kullandığı dijital sistemlerin güvenlik altyapısındaki eksiklikler, hem kişisel verilerin korunmasında sorunlara yol açmakta hem de öğrenci güvenliğini zedelemektedir (Barkuş ve Altıntaş, 2023). Özellikle öğrenci verilerinin korunmasına yönelik yasal ve etik yükümlülükler, YBS'nin etkin bir şekilde uygulanmasına engel teşkil edebilir (Aksüt vd., 2020). Dijital dönüşümün önündeki kültürel engeller de aynı derecede önemlidir. Özellikle kıdemli

öğretim üyeleri, yenilikçi dijital çözümler yerine bilindik manuel yöntemleri tercih ederek YBS'nin etkili kullanımına engel teşkil edebilir (Tosun ve Onan, 2020).

YBS'nin etkin kullanımı, başta kültürel ve yapısal engeller olmak üzere pek çok zorluk ile karşı karşıyadır. Bu engelleri aşmak üzere YBS'nin entegrasyonunu destekleyen güçlü bir kurumsal altyapının sağlanması önceliklendirilmelidir. Ayrıca kurum içi dönüşüm süreçlerinin desteklenmesi, veri güvenliği konusundaki endişelerin giderilmesi ve personelin teknolojiye yönelik destekleyici tutumunun artırılması büyük önem taşımaktadır.

7. SONUÇ

Yönetim Bilişim Sistemlerinin (YBS) yükseköğretim kurumlarının kalite güvence mimarisini oluşturmada, kanıta dayalı yönetim ile veriye dayalı karar alma ve kurumsal şeffaflığa doğru bir paradigma değişimini desteklemektedir. Türkiye'de bu dönüşüm, Yükseköğretim Kalite Kurulu (YÖKAK) tarafından üniversitelerin performansını izlemek, eğitim çıktılarını değerlendirmek ve hesap verebilirliğine destek olmak üzere entegre bilgi yönetimi platformlarını benimsemeye teşvik etmek üzere oluşturulan çerçevelerle başlanmıştır. Bu gelişmeler, ulusal kalite uygulamalarını küresel standartlarla uyumlu hale getirme yolunda da kritik bir adım teşkil etmektedir.

Bu bölümde ele alınan bulgular, YBS'nin kurumsal kalite için hem teknolojik hem de stratejik bir kolaylaştırıcı unsur olduğunu göstermektedir. YBS, üniversitelerdeki idari, akademik ve araştırma birimleri arasında verileri entegre ederek, yönetsel süreçleri kolaylaştırır ve kurumsal duyarlılığı artırır. Ayrıca, YBS çerçevelerinde büyük veri ve yapay zekânın kullanımı, kurumların zorlukları öngörmelerine, risk altındaki öğrencileri belirlemelerine ve kaynak tahsisini optimize etmelerine olanak

tanıyan öngörücü ve uyarlanabilir yetenekler sunmaktadır. Bu analitik derinlik, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda öğrenci başarısına ve kurumsal rekabet gücüne de doğrudan katkıda bulunmaktadır.

Bununla birlikte, kalite güvencesi için YBS'nin etkili kullanımı çeşitli koşullara bağlıdır. Kurumlar, güçlü dijital altyapılara yatırım yapmalı, veri güvenliğini ve etik yönetişimi sağlamalı ve teknolojik değişimi kucaklayan bir inovasyon kültürü geliştirmelidir. Aynı derecede önemli olan, kurumsal liderliğin YBS'yi stratejik planlama ve sürekli iyileştirme süreçlerine entegre etme isteğidir. Sürekli yönetim desteği ve personel katılımı olmadan, en gelişmiş sistemler bile yeterince kullanılmama veya parçalanma riskiyle karşı karşıyadır.

Geleceğe baktığımızda, Türkiye'deki üniversiteler kalite süreçlerinde YBS destekli dijital dönüşümlerini derinleştirdikçe, sürekli öğrenmeyi ve iyileştirmeyi destekleyen akıllı, uyarlanabilir ve hesap verilebilirliği sağlayan sistemler geliştirme imkanına sahip olacaktır. Diğer yandan kalite güvencesinin geleceği yalnızca teknolojik gelişmelere bağlı olmayıp aynı zamanda kurumların bu araçları misyon, performans ve toplumsal etkiyi uyumlu hale getiren kapsamlı bir stratejiye ne kadar etkili bir şekilde entegre ettiğine de bağlı olacaktır. Bu anlamda, yükseköğretim kurumlarının hem dijital dönüşümü sağlama da hem de kalite süreçlerini ulusal ve uluslararası standartlara erişirme noktasında YBS önemli katkılar sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Adeoti-Adekeye, W. B. (1997). The Importance of Management Information Systems. *Library Review*, 46(5), 318-327. doi:10.1108/00242539710178452
- Aini, D. N., Winarno, A., Yusniawati, Y. ve Rahman, A. A. (2023). Digital Transformation of the Management Information System (MIS) at Pondok AnNahdloh, Selangor, Malaysia. *Technium Social Sciences Journal*, 51, 112-122. doi:10.47577/tssj.v49i1.9734
- Akıncı, H. ve Kahraman, Ü. G. (2024). Endüstri 4.0: Yönetim Bilişim Sistemleri Bakış Açısıyla Değerlendirme. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(1), 76-99. doi:10.31200/makuubd.1442339
- Aksüt, G., Eren, T. ve Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması: Bir Literatür Taraması. *Ergonomi*, 3(3), 169-192. doi:10.33439/ergonomi.773896
- Amtu, O., Souisa, S. L., Joseph, L. S. ve Lumamuly, P. C. (2021). Contribution of Leadership, Organizational Commitment and Organizational Culture to Improve the Quality of Higher Education. *International Journal of Innovation*, 9(1), 131-157. doi:10.5585/iji.v9i1.18582
- Astuti, W. A. ve Wulandari, A. (2020). Analysis of Top Management Support on the Quality of Accounting Information System and the Impact on the Quality of Accounting Information. *Proceeding of International Conference on Business Economics Social Sciences and Humanities*, 1, 545-549. doi:10.34010/icobest.v1i.87
- Atatekin, E. ve Dulupçu, M. A. (2018). Kalitede Yeni Bir Sayfa mı Yoksa Eskilerin Tekrarı mı? Bazı Devlet Üniversitelerinin Kurumsal İç Değerlendirme

- Raporlarının Eğitim Perspektifi. *Journal of University Research*, 1(1), 14-24. doi:10.32329/uad.394020
- Atış, Ç., Karakütük, H. B., Karaaslan, Y. ve Ekici, Ü. (2023). Investigation of Teachers' Views on the Transmission of School Culture. *Journal of Academic Social Resources*, 8(Cilt 8 Sayı 53), 3569-3577. doi:10.29228/asrjournal.71834
- Aydın, M. ve Yıldırım, E. (2025). What Do Institutional Internal Evaluation Reports Say? Content Analysis of Fully Accredited Universities. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 292-305. doi:10.32329/uad.1687783
- Ayhan, E. (2016). Devlet Okullarındaki İnsan Kaynaklarının Stratejik Olarak Yönetilmesi. *The Journal of International Educational Sciences*, 3(9), 55-55. doi:10.16991/inesjournal.297
- Ayodeji, P. I. O., Emmanuel, O. O. ve Olajiire, E. O. (2021). Impact of Total Quality Management on Organisational Performance. *International Journal of Research in Commerce and Management Studies*, 03(03), 31-32. doi:10.38193/ijrcms.2021.3302
- Barkuş, F. ve Altıntaş, S. (2023). Dijital Ortamlarda Kişisel Veri Güvenliği Kavramı Üzerine Bir Derleme Çalışması. *Ejovoc Electronic Journal of Vocational Colleges*, 13(1), 46-69. doi:10.17339/ejovoc.1311027
- Becket, N. ve Brookes, M. (2006). Evaluating Quality Management in University Departments. *Quality Assurance in Education*, 14(2), 123-142. doi:10.1108/09684880610662015
- Berhan, E. ve Kitaw, D. (2011). The Role of Marketing Information Systems (Mkis) in Service Quality in

- Ethiopian Industries. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 23(1). doi:10.7166/23-1-220
- Büyükbostancı, A. ve Koçak, H. (2025). Yönetim Bilişim Sistemlerinde Yapay Zeka Uygulamaları. doi:10.58830/ozgur.pub700.c2988
- Chen, J. ve Zhang, Q. (2024). Enhancing the Timeliness of EMR Documentation in Resident Doctors: The Role of PDCA Cycle Management. doi:10.21203/rs.3.rs-3881618/v1
- Colldén, C. ve Hellström, A. (2018). Value-Based Healthcare Translated: A Complementary View of Implementation. *BMC Health Services Research*, 18(1). doi:10.1186/s12913-018-3488-9
- Çamkaya, S. (2024). LCC Hipotezi Çerçevesinde Çevresel Kalite Ve Kentleşme Arasındaki İlişki: Türkiye’den Ampirik Kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 8(2), 739-760. doi:10.25295/fsecon.1435550
- Çevik, G. ve Yörük, T. (2023). Uzaktan Eğitim Sürecinde Kullanılan Öğrenme Yönetim Sisteminin Bilgi Sistemleri Beklenti Onaylama Modeli Kapsamında İncelenmesi: Akdeniz Üniversitesi Örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 112-127. doi:10.17494/ogusbd.1235884
- Derdiyok, T. (2019). Üniversitelerde Kalite Güvence Sistemi Kapsamında PUKÖ Yönetim Döngüsü Uygulamasında Bir Model Önerisi. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 173-198.
- Dinçerden, E. (2017). Yönetim Bilişim Sistemleri: Kurumsal Enformasyon ve İş İletişimi. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (27), 135-148. doi:10.31123/akil.437327

- Doğu, A. H. (2025). Kurumsal Akreditasyon Programı Sürecinde Bilgi Yönetim Sisteminin Önemi: Karadeniz Teknik Üniversitesi Uygulaması. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 485-498. doi:10.32329/uad.1741280
- Doherty, G. D. (1997). Quality, Standards, the Consumer Paradigm and Developments in Higher Education. *Quality Assurance in Education*, 5(4), 239-248. doi:http://dx.doi.org/10.1108/09684889710189129
- Erguvan, M. M. (2016). Reconceptualization of the Concept of Quality in Education: An Exploratory Study. *Journal of Education in Black Sea Region*, 1(2). doi:10.31578/jeps.v1i2.19
- Fidan, M., Bıyıklı, F. ve Özkara, B. (2022). Akademisyenler için Akreditasyon Ne Anlama Geliyor? Yükseköğretimde Kalite Üzerine Nitel Bir Araştırma. *Sosyal Mucit Academic Review*, 3(2), 213-236. doi:10.54733/smar.1166028
- Fidan, Ü. (2024). Yönetim Bilişim Sistemleri Perspektifinden Dijital Dönüşüm: Stratejiler Ve Organizasyonel Etkileri. doi:10.58830/ozgur.pub498.c2092
- Fukui, R., Honda, Y., Inoue, H., Kaneko, N., Miyauchi, I., Soriano, S. ve Yagi, Y. (2003). Handbook for TQM and QCC, Volume I and Volume II. *Published in October*.
- Golovko, G. ve Nikiforova, K. (2018). Information Systems Use at Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. *Системи Управління Навігації Та Зв'язку Збірник Наукових Праць*, 3(49), 103-105. doi:10.26906/sunz.2018.3.103
- Göksoy, S. (2014). Eğitim Sistemlerinde Kalite Standartları ve Kalite Standart Alanları. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 3(7), 85-99.

- Istihana, I., Amiruddin, A. ve Naim, A. (2022). The Implementation of Internal Quality Assurance Cycle in Private Senior High School. *Al-Idarah Jurnal Kependidikan Islam*, 12(2), 195-206. doi:10.24042/alidarah.v12i2.13321
- İbrahim, M. R. ve Mohibbi, A. A. (2024). Role of Strategic Planning in Quality Enhancement of Higher Education Institutions: Case Study of Banyan University. *Eximia*, 13, 303-315. doi:10.47577/eximia.v13i1.455
- Kafetzopoulos, D., Psomas, E. ve Gotzamani, K. (2015). The Impact of Quality Management Systems on the Performance of Manufacturing Firms. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(4), 381-399. doi:10.1108/ijqrm-11-2013-0186
- Kettinger, W. J., Lee, C. C. ve Sunro, L. (1995). Global Measures of Information Service Quality: A Cross-National Study*. *Decision Sciences*, 26(5), 569-588. doi:10.1111/j.1540-5915.1995.tb01441.x
- Khdair, W. A. ve Shebli, M. A. (2022). The Impact of the Quality Assurance System on Improving the Performance of Employees in Iraqi Higher Education Institutions: An Exploratory Study for Academic and Administrative Bodies. *International Journal of Research in Human Resource Management*, 4(1), 80-89. doi:10.33545/26633213.2022.v4.i1a.94
- Koçdar, S. ve Kapar, N. (2017). Accreditation of Open and Distance Learning Programs in Turkey: Practices, Issues and Possible Solutions. *Journal of Higher Education and Science*, 7(3), 494. doi:10.5961/jhes.2017.226

- Koçoğlu, F. (2023). Hemşirelik Öğrencilerinin Akreditasyon Algılarının Belirlenmesi. *Gobeklitepe Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(12), 28-36. doi:10.55433/gsbdb/196
- Legowo, M. B., Indiarto, B. ve Prayitno, D. (2019). Implementation of Scrum Work Framework in the Development of Quality Assurance Information System. *Jurnal Penelitian Pos Dan Informatika*, 9(2), 125-139. doi:10.17933/jppi.v9i2.277
- Liu, T. ve Changsheng, M. (2023). Research on the Construction of Quality Assurance System in Higher Education Teaching. *Frontiers in Educational Research*, 6(30). doi:10.25236/fer.2023.063007
- Maral, M. (2022). Yükseköğretimde Açıköğretim Sisteminin Kalitesine Yönelik İnceleme: Karma Yöntem Araştırması. *International Journal of Management and Administration*, 6(11), 1-22. doi:10.29064/ijma.1007570
- Mindaña, G. L. (2020). Automation of Information Technology System Infrastructure: An Improved Management Information System Productivity in the Higher Education Institutions, 2(2), 25-38. doi:10.69478/jitc2020v2n2a04
- Mursidi, A. (2022). Knowledge Management in the Indonesian Higher Education Internal Quality Assurance System Model. doi:10.5772/intechopen.101874
- Nguyen, L. T. M., Tran, T., Pham, T. V., Nguyen, T., Le, H. T. T., Thảo, T. T. P. ve Nghiem, T. T. (2021). Factors Affecting Successful Quality Assurance Implementation in Vietnamese Higher Education: A Qualitative Study. *The Qualitative Report*. doi:10.46743/2160-3715/2021.4564
- Nicolay, C., Purkayastha, S., Greenhalgh, A., Benn, J., Chaturvedi, S., Phillips, N. ve Darzi, A. (2012).

- Systematic Review of the Application of Quality Improvement Methodologies From the Manufacturing Industry to Surgical Healthcare. *British Journal of Surgery*, 99(3), 324-335. doi:10.1002/bjs.7803
- Norawati, S., Adri, A. ve Basem, Z. (2024). The Influence of Facilities and Infrastructure, the Leadership of the School Principal's Work Discipline on Teacher Performance. *Ranah Research Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(2), 189-196. doi:10.38035/rj.v6i2.810
- Nurhidayah, R. ve Muliansyah, D. (2023). Management Information Systems in Private Universities and Its Impact on Productivity. *International Journal of Management and Business Economics*, 1(3), 226-230. doi:10.58540/ijmebe.v1i3.425
- O'Mahony, K. ve Garavan, T. N. (2012). Implementing a Quality Management Framework in a Higher Education Organisation. *Quality Assurance in Education*, 20(2), 184-200. doi:10.1108/09684881211219767
- Özdağoğlu, G., Damar, M., Özdağoğlu, A., Damar, H. T. ve Bilik, Ö. (2020). 80'lerden Günümüze Yükseköğretimde Kalite Çalışmaları: Küresel Ölçekte Bilimetrik Bakış. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 28(1), 482-493. doi:10.24106/kefdergi.3684
- Özen, E. (2022). Yükseköğretimde Kalite Güvencesi ve Akreditasyon: Açık ve Uzaktan Eğitim. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 87-93.
- Özer, M., Gür, B. S. ve Küçükcan, T. (2011). Quality Assurance: Strategic Choices for Higher Education in Turkey. *Journal of Higher Education and Science*, 1(2), 59. doi:10.5961/jhes.2011.009

- Pambreni, Y., Khatibi, A., Azam, S. M. F. ve Tham, J. (2019). The Influence of Total Quality Management Toward Organization Performance. *Management Science Letters*, 1397-1406. doi:10.5267/j.msl.2019.5.011
- Quality Glossary [Kalite Sözlüğü]. (2025). Harf Q - Harf Q ile Terimler, Kısaltmalar ve Tanımların Kalite Sözlüğü | ASQ. 29 Eylül 2025 tarihinde <https://asq.org/quality-resources/quality-glossary/q> adresinden erişildi.
- Samur, S. (2023). Yönetimde Bilgi Sistemlerinin Etkinliği | IENSTITU. 2 Ekim 2025 tarihinde <https://www.ienstitu.com/tr/blog/yonetimde-bilgi-sistemlerinin-etkinligi> adresinden erişildi.
- Semerci, Ç., Semerci, N., Ünal, F., Yılmaz, E., Kaygın, H., Ulus, İ. Ç., Yılmaz, Ö. (2021). Akademisyenlerin Akreditasyon Algılarının İncelenmesi. *Asya Öğretim Dergisi*, 9(1), 1-14. doi:10.47215/aji.823723
- Shynar, S. ve Yessinbayeva, Z. (2023). Methodological Approaches to the Concept of “Quality Assurance of Education”. *Trudy Universiteta*. doi:10.52209/1609-1825_2023_1_310
- Solin, A. ve Curry, A. (2022). Perceived Quality: In Search Of a Definition. *The TQM Journal*, 35(3), 778-795. doi:10.1108/tqm-09-2021-0280
- Subaşı, Ş. ve Mazlum, H. H. (2025). Muhasebe Paket Programlarının Sınıflandırılması Açısından İşletmelerde Dijital Dönüşüme Bakış. *Denetim ve Güvence Hizmetleri Dergisi*, 5(1), 80-98.
- Taş, İ. E., Durgun, S. ve Gözükar, M. A. (2021). Bölüm 1 Kurum İç Değerlendirme Raporlarının (KİDR) Üniversitelerde Kalite Yönetim Sürecine Katkısı: KSÜ Kurumsal Geri

Bildirim Raporu Üzerinden Değerlendirme. *Beşeri ve Sosyal Bilimlerden Seçkin Araştırmalar*, 7.

Tosun, N. ve Onan, E. (2020). Bitki Hastalıklarının Entegre Yönetiminde Bitki İmmunitesi Uyarıcılarının Potansiyel Kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(1), 145-156. doi:10.20289/zfdergi.681913

Ünal, F., Yazıcı, S. ve Çulhaoğlu, Ö. (2023). Kalite Süreçlerinde PUKÖ Döngüsü: Dış Değerlendiricilerin Görüşlerine Göre Türk Üniversitelerinin Yeterlik Düzeyleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (57), 281-305. doi:10.9779/pauefd.1008011

Welsh, J. F. ve Dey, S. (2002). Quality Measurement and Quality Assurance in Higher Education. *Quality Assurance in Education*, 10(1), 17-25. doi:10.1108/09684880210416076

Xu, Y., Li, D., Li, Q. ve Xu, S. (2023). Malware Evasion Attacks Against IoT and Other Devices: An Empirical Study. *Tsinghua Science and Technology*, 29(1), 127-142. doi:https://doi.org/10.26599/tst.2023.9010005

YÖKAK. (2023). 2022 Yükseköğretim Değerlendirme ve Kalite Güvencesi Durum Raporu. Yükseköğretim Kalite Kurulu. https://www.yokak.gov.tr/documents/StatusReports/Durum_Raporu_2022.pdf adresinden erişildi.

Yörükoğlu, K., Usubütün, A., Doğan, Ö., Önal, B. ve Aydın, Ö. (2009). Quality Control of Pathology Laboratories in Turkey. *Turkish Journal of Pathology*, 25(1), 29. doi:10.5146/tjpath.2009.00958

Yu, X. (2022). The Implementation of Management Information System Under the Impact of COVID-19. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 23, 229-234. doi:10.54097/hset.v23i.3272

- Yulianti, L., Lova, N. R., Armiyanti, A. ve Sauri, S. (2024). Analysis of the Implementation of the Internal Quality Assurance System in Higher Education: A Case Study at the Bakti Asih Polytechnic, Purwakarta, Indonesia. *Community Medicine and Education Journal*, 5(1), 415-419. doi:10.37275/cmej.v5i1.462
- Yükseköğretim Kalite Kurulu. (2024). Kurum İç Değerlendirme Raporu (KİDR) Hazırlama Kılavuzu Sürüm 3.2 (2024). 30 Nisan 2025 tarihinde https://www.yokak.gov.tr/documents/national-doc/KIDR_Haz%C4%B1rlama_K%C4%B1lavuzu_3.2.pdf adresinden erişildi.
- Zulueta, Ma. C. E., Buno, R. M. V., Cruz, A. C. D., Sagun, A. J., Buenaventura, M. D. S., Talidano, A. S. ve Cabrera, W. C. (2021). A Comparative Case Study on the Challenges Encountered by Philippine Private and Public Educational Institutions With Their Existing Management Information System. *International Journal of Multidisciplinary Applied Business and Education Research*, 2(11), 1211-1217. doi:10.11594/10.11594/ijmaber.02.11.12

İNSAN-BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİNDE BİLİŞSEL ESNEKLİK VE KONTROL

Tayfun YÖRÜK¹

Tuba SARI²

1. GİRİŞ

Bu bölümün amacı, insan-bilgisayar etkileşimi (HCI) bağlamında bilişsel esneklik ve bilişsel kontrol kavramlarını kuramsal temelleriyle birlikte açıkça ortaya koymak; bu iki bileşenin birbirleriyle nasıl etkileştiğini, kullanıcı arayüzü tasarımı ve adaptif sistemler açısından hangi çıkarımları doğurduğunu tartışmaktır. Bölüm, önce bilişsel esnekliğin tanımını, işlevlerini ve HCI uygulamalarındaki önemini; ardından bilişsel kontrolün bilişsel nörobilimsel dayanaklarını ve yürütücü işlevlerle ilişkisini ele alacak, son olarak da iki kavramın kesişim noktalarından hareketle tasarım ilkeleri ve uygulamalı çıkarımlar sunacaktır. Bu giriş, bölümde ele alınacak ana kavramları çerçevelendirir ve yazarın yüklediği kaynakta özetlenen temel noktalara dayanan literatürel bir sentez sunar.

Bilişsel esneklik, literatürde genellikle bireyin beklentiler, kurallar veya görev gereksinimlerindeki değişimlere hızlı ve etkin biçimde uyum sağlama kapasitesi olarak tanımlanır; yürütücü işlevlerin “geçiş” (shifting) bileşeniyle yakından ilişkilidir (Miyake vd., 2000; Diamond, 2013). HCI perspektifinden bakıldığında bilişsel esneklik, kullanıcıların yeni arayüz

¹ Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, tayfun@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4900-5705.

² Ar. Gör., Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, tubasari@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3608-865X.

düzenlerine, farklı etkileşim yollarına veya bağlamsal değişikliklere adapte olma hızını ve maliyetini belirler. Özellikle karmaşık, çok katmanlı bilgi yapılarında ve çoklu görev ortamlarında (ör. kurumsal yazılımlar, eğitim ortamları, mobil/çapraz platform deneyimleri) kullanıcıların farklı zihinsel modellere geçebilme yeteneği, kullanılabilirlik ve öğrenme verimliliği açısından belirleyicidir (Norman, 2013; Findlater ve McGrenere, 2004). Bu nedenle tasarımcılar, bilişsel esnekliği destekleyecek çoklu gezinme yolları, görevler arası geçiş kolaylığı ve bağlamsal yardım mekanizmaları sunmakla yükümlüdür (Nielsen, 1994).

Bilişsel kontrol ise hedefe yönelik davranışları düzenleyen üst düzey süreçleri ifade eder; bu süreçler çalışma belleği güncelleme, beynin gereksiz, uygun olmayan veya dikkat dağıtıcı bilgileri bastırma (inhibisyon) ve görev geçişini kapsayan yürütücü bileşenleri içerir (Miyake vd., 2000). Nörobilimsel çalışmalar prefrontal korteksin bilişsel kontrolün merkezi olduğunu ve çelişki izleme mekanizmaları aracılığıyla (conflict monitoring) kontrol kaynaklarının dinamik olarak ayarlandığını göstermektedir (Miller ve Cohen, 2001; Botvinick ve ark., 2001). HCI uygulamalarında bilişsel kontrol, kullanıcıların hata tespiti ve düzeltme, dikkat odaklama ve karmaşık karar noktalarında doğru stratejiyi seçme süreçlerini etkiler; dolayısıyla arayüzlerin bilgi yapısını, geri bildirim mekanizmalarını ve hata yönetimini kontrol kapasitesine uygun biçimde tasarlamak kritik önemdedir (Gazzaley ve Rosen, 2016).

Bilişsel esneklik ile bilişsel kontrol arasındaki ilişki, görev gereksinimlerine göre esneklik ihtiyacının kontrol mekanizmaları tarafından düzenlenmesi şeklinde ele alınabilir. Yani bilişsel esneklik, var olan stratejiler arasında geçiş yapma yeteneği iken; bilişsel kontrol, hangi stratejinin ne zaman ve ne ölçüde kullanılacağını seçen ve uyarlayan süreçleri sağlar (Miyake vd., 2000; Botvinick vd., 2001). Çelişki veya hata

algılandığında (ör. beklenen sonucun elde edilmemesi), çelişki izleme mekanizmaları kontrolü artırır ve dolayısıyla kullanıcı daha uygun bir stratejiye geçiş yapabilir; bu süreç HCI bağlamında adaptif arayüzlerin ne zaman ve nasıl değişmesi gerektiğine dair doğrudan çıkarımlar üretir (Botvinick vd., 2001; Miller ve Cohen, 2001).

Tasarım açısından bu ilişkinin pratik sonuçları açıktır: (1) Arayüzler, kullanıcıların kontrollü süreçlerini aşırı zorlamadan esneklik imkânı sunmalı; (2) otomatik ve rutinleşmiş etkileşimleri destekleyerek bilişsel yükü azaltırken, beklenmedik durumlar için kontrollü müdahale yolları (ör. rehberlik, geri alma seçenekleri, anlamlı hata mesajları) sağlamalıdır (Norman, 2013; Gazzaley ve Rosen, 2016). Ayrıca adaptif ve adapte edilebilir yaklaşımların hibrit kullanımı, sistemin otomatik öğrenme kapasitesini kullanıcı kontrolü ile dengeleyecek şekilde tasarlandığında hem verimlilik hem de memnuniyet açısından avantaj sağlar (Findlater ve McGrenere, 2004; Shneiderman vd., 2016). Evrensel tasarım ilkeleri, farklı bilişsel yeteneklere sahip kullanıcı gruplarının esneklik ve kontrol gereksinimlerini karşılamada yol göstericidir (Stephanidis, 2000).

Bu giriş, bölümün ilerleyen kısımlarında ele alınacak kuramsal çerçeve, deneysel bulgular ve tasarım önerilerinin bir çerçevesini sunar; sonraki bölümlerde hem bilişsel psikoloji ve nörobilim literatürüne hem de HCI alanındaki uygulamalı çalışmalara dayanan ayrıntılı analizler ve somut tasarım ilkeleri tartışılacaktır (Miyake vd., 2000; Botvinick vd., 2001; Miller ve Cohen, 2001).

2. BİLİŞSEL ESNEKLİK VE ADAPTİF ARAYÜZLER

Bilişsel esneklik, kullanıcıların değişen koşullara, farklı bağlamlara ve çeşitli görevlere uyum sağlama yeteneklerini ifade

eder. Bu kavram, modern kullanıcı arayüzü tasarımında kritik bir öneme sahiptir çünkü kullanıcıların bilişsel ihtiyaçlarının anlaşılması ve teknolojinin bu ihtiyaçlara uyarlanması hem kullanım kolaylığını hem de kullanıcı memnuniyetini artırır. Bilişsel esneklik, özellikle farklı deneyim seviyelerine sahip kullanıcılar için teknolojinin erişilebilirliğini artırmada önemli rol oynar (Ionescu, 2012).

Adaptif arayüzler, bu bilişsel esnekliği desteklemek için tasarlanmış sistemlerdir ve kullanıcı davranışlarına, tercihlerine ve bağlamsal değişikliklere dinamik olarak yanıt verebilirler. Bilişsel psikoloji ve insan-bilgisayar etkileşimi araştırmaları, kullanıcıların zihinsel modellerinin ve bilişsel yeteneklerinin anlaşılmasının, daha etkin ve kişiselleştirilmiş arayüzlerin geliştirilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Bu bölümde, bilişsel esnekliğin tanımı, önemi, kullanıcı kontrolüyle ilişkisi ve bu esnekliği destekleyen adaptif arayüz tasarım ilkeleri ele alınacaktır (Dix vd., 2004).

2.1. Bilişsel Esneklik Tanımı ve Önemi

Bilişsel esneklik, bireylerin düşünce ve eylem biçimlerini değiştirme, yeni durumlara adapte olma ve farklı görevler arasında geçiş yapabilme yetenekleridir. Nörobilim ve bilişsel psikoloji araştırmalarına göre, bu esneklik yüksek düzeyli bilişsel işlevlerin bir parçasıdır ve problem çözme, öğrenme ve karar verme süreçlerinde kritik rol oynar. Dijital arayüzlerde, kullanıcıların farklı zihinsel modeller ve stratejilerle etkileşime geçebilmesi, bilişsel esnekliklerini kullanabilmelerine bağlıdır. Bu nedenle, teknoloji tasarımcıları farklı bilişsel stillere ve yeteneklere hitap eden arayüzler oluşturmalıdır (Spiro ve Jehng, 2012).

Bilişsel esnekliğin önemi, özellikle karmaşık ve hızla değişen teknolojik ortamlarda belirginleşir. Araştırmalar, esnek bilişsel yapıya sahip kullanıcıların yeni teknolojilere daha hızlı

adapte olduğunu ve daha az bilişsel yük yaşadığını göstermektedir. Bununla birlikte, tüm kullanıcılar aynı düzeyde bilişsel esnekliğe sahip değildir; yaş, eğitim düzeyi, teknolojik deneyim ve bilişsel yetenekler farklılık gösterebilir. Bu nedenle, arayüz tasarımları bu çeşitliliği dikkate almalı ve kullanıcıların bilişsel esnekliklerini destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Chung ve Byrne, 2008).

2.2. Esneklik ve Kullanıcı Kontrolü İlişkisi

Esneklik ve kullanıcı kontrolü arasındaki ilişki, başarılı kullanıcı arayüzü tasarımının temel prensiplerinden biridir. Kullanıcılara kontrol hissi vermek, kendi tercihlerine göre sistemi özelleştirebilmelerini sağlamak, bilişsel esnekliğin uygulamadaki en somut göstergelerinden biridir. Nielsen'in kullanılabilirlik heuristiklerine göre, kullanıcılar sistemle etkileşimde kendi yollarını çizebilmeli ve hatalarını kolayca düzeltebilmelidir. Bu kontrol hissi, kullanıcıların sistemi benimsemelerini kolaylaştırır ve öğrenme sürecini hızlandırır (Nielsen, 1994).

Aynı zamanda, kontrol ve esneklik arasındaki denge dikkatle kurulmalıdır. Aşırı esneklik ve çok fazla seçenek, bilişsel yükü artırabilir ve “seçim paradoksu” olarak bilinen duruma yol açabilir. Shneiderman'ın “Eight Golden Rules of Interface Design” (Arayüz Tasarımının Sekiz Altın Kuralı) arasında yer alan “dahili kontrol odağını destekleme” prensibi, kullanıcıların kendilerini sistemin yönlendiricisi olarak hissetmelerinin önemini vurgulamaktadır. Ancak bu, kullanıcıların ihtiyaç duymadıkları karmaşıklıklarla başa çıkmak zorunda kalmadan, anlamlı ve yönetilebilir seçenekler sunmak anlamına gelir (Shneiderman vd., 2016).

2.3. Adaptif ve Adapte Edilebilir Arayüzler

Adaptif arayüzler, kullanıcı davranışlarını izleyerek ve analiz ederek otomatik olarak değişen, kullanıcının ihtiyaçlarına göre kendini düzenleyen sistemlerdir. Bu arayüzler, kullanıcının

geçmiş etkileşimlerinden öğrenir ve gelecekteki etkileşimleri optimize etmek için bu bilgiyi kullanır. Örneğin, sık kullanılan özellikleri öne çıkarma, kullanım alışkanlıklarına göre içerik önceliklendirme veya kullanıcının beceri seviyesine göre arayüz karmaşıklığını ayarlama gibi stratejiler uygulanabilir. Höök'ün çalışmaları, adaptif sistemlerin kullanıcı memnuniyetini ve verimlilik algısını artırabileceğini göstermiştir (Höök, 2000).

Buna karşılık, adapte edilebilir arayüzler kullanıcılara sistemin görünümünü ve davranışını kendi tercihlerine göre değiştirme olanağı sağlar. Bu yaklaşım, kullanıcı kontrolünü ön planda tutar ve kişiselleştirme seçenekleri sunar. Adaptif yaklaşımların kombinasyonu, ideal bir denge sağlayabilir; sistem otomatik olarak adapte olur ancak kullanıcı bu adaptasyonları kabul etme, reddetme veya değiştirme yetkisine sahiptir. Findlater ve McGrenere'in araştırmaları, bu hibrit yaklaşımın hem kullanılabilirlik hem de kullanıcı memnuniyeti açısından tek başına adaptif veya adapte edilebilir yaklaşımlardan daha etkili olabileceğini göstermiştir (Findlater ve McGrenere, 2004).

2.4. Bilişsel Esnekliği Destekleyen Tasarım İlkeleri

Bilişsel esnekliği destekleyen tasarım ilkeleri, kullanıcıların farklı düşünme stilleri ve problem çözme stratejileri arasında geçiş yapabilmelerine olanak tanır. Bu ilkeler arasında, kullanıcılara birden fazla yol sunma (çoklu erişim yolları), arayüz tutarlılığı ile yenilik arasında denge kurma, geri bildirim sağlama ve hataları hoş görme yer alır. Norman'ın “The Design of Everyday Things” kitabında belirttiği gibi, iyi tasarlanmış sistemler kullanıcıların zihinsel modellerini dikkate alır ve bu modellere uygun görünürlük, geri bildirim ve kısıtlamalar sunar (Norman, 2013).

Arayüz tasarımında bilişsel esnekliği desteklemek için, farklı kullanıcı gruplarının ihtiyaçlarını karşılayan evrensel tasarım prensipleri de uygulanmalıdır. Yaşlılar, çocuklar, farklı

bilişsel yeteneklere sahip bireyler ve teknoloji deneyimi az olanlar için arayüzler erişilebilir olmalıdır. Ayrıca, kültürel farklılıkları dikkate almak ve farklı kültürel bağlamlarda anlamlı olan metaforlar ve semboller kullanmak önemlidir. Herkes İçin Tasarım (Design for All) yaklaşımı, tüm potansiyel kullanıcıların ihtiyaçlarını ve tercihlerini dikkate alarak bilişsel esnekliği destekleyen arayüzlerin geliştirilmesine katkıda bulunur (Stephanidis, 2000).

3. BİLİŞSEL KONTROL MEKANİZMALARI

Bilişsel kontrol mekanizmaları, insan zihninin hedef odaklı davranışları düzenlemesini, planlamasını ve yürütmesini sağlayan üst düzey bilişsel süreçleri ifade eder. Bu mekanizmalar, dikkat odaklama, çelişkili bilgiler arasında seçim yapma, stratejik planlama ve davranış inhibisyonu gibi işlevleri kapsayan karmaşık nöral sistemleri içerir. Bilişsel kontrol, özellikle insan-bilgisayar etkileşiminde, kullanıcıların dijital arayüzlerle nasıl etkileşime girdiğini, karmaşık görevleri nasıl tamamladığını ve sistemleri nasıl öğrendiğini anlamak için temel oluşturur. Prefrontal korteks bilişsel kontrolde merkezi bir rol oynarken, beyin diğer bölgeleriyle de yoğun bir işbirliği içindedir (Miller ve Cohen, 2001).

Günümüz teknoloji ortamlarında, kullanıcılar sürekli olarak bilişsel kontrollerini test eden karmaşık ve dinamik sistemlerle etkileşim halindedir. İyi tasarlanmış arayüzler, kullanıcıların bilişsel kontrol mekanizmalarını destekleyerek, karar verme süreçlerini kolaylaştırır, hata yapma olasılığını azaltır ve kullanım verimliliğini artırır. Buna karşılık, kötü tasarlanmış sistemler bilişsel yükü artırarak, kullanıcıların bilişsel kontrol kaynaklarını tüketir ve performanslarını düşürür. İnsan faktörleri ve bilişsel ergonomi araştırmaları, kullanıcı arayüzlerinin insan bilişsel kontrol yeteneklerine ve sınırlamalarına uygun

tasarlanmasının önemini vurgulamaktadır (Norman ve Shallice, 1986).

Bilişsel kontrol mekanizmalarının anlaşılması, sadece etkili kullanıcı arayüzleri tasarlamak için değil, aynı zamanda insan hatalarını öngörmek, güvenlik-kritik sistemlerde risk faktörlerini azaltmak ve öğrenme süreçlerini optimize etmek için de gereklidir. Bu bölümde, yürütücü işlevler ve kullanıcı etkileşimi, bilişsel kontrol ve karar verme süreçleri, otomatik ve kontrollü süreçler arasındaki ilişki ile hata önleme ve yönetimi konuları ele alınacaktır. Bu anlayış, kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımlarına temel oluşturarak, teknolojinin insan bilişsel kapasitesini genişletmesine ve desteklemesine yardımcı olur (M. Botvinick & Braver, 2015).

3.1. Yürütücü İşlevler ve Kullanıcı Etkileşimi

Yürütücü işlevler, hedef odaklı davranışları düzenleyen, planlama, çalışma belleği, görev değiştirme, inhibisyon ve bilişsel esneklik gibi üst düzey bilişsel süreçleri kapsayan bir şemsiye terimdir. Miyake ve arkadaşlarının (2000) önerdiği modele göre, yürütücü işlevler temel olarak üç bileşenden oluşur: güncelleme (working memory updating), inhibisyon (inhibition) ve geçiş yapma (shifting). Bu işlevler, kullanıcıların dijital arayüzlerle etkileşimlerinde kritik rol oynar. Örneğin, bir web sitesinde gezinirken kullanıcılar, çalışma belleklerini kullanarak önceki sayfaları hatırlar, dikkatlerini dağıtılabilecek unsurları inhibe eder ve farklı görevler arasında geçiş yaparlar. Yürütücü işlevlerin etkinliği, kullanıcıların arayüzleri ne kadar verimli kullanabileceklerini doğrudan etkiler (Miyake vd., 2000).

Kullanıcı arayüzü tasarımı, yürütücü işlevleri destekleyecek şekilde yapılandırıldığında, kullanıcı deneyimini önemli ölçüde iyileştirebilir. Çalışma belleği yükünü azaltan tasarım özellikleri (örneğin, gezinti geçmişinin görünür olması), inhibisyon gereksinimlerini minimuma indiren stratejiler

(örneğin, dikkat dağıtıcı unsurların azaltılması) ve görev değiştirme kolaylığı sağlayan yapılar (örneğin, tutarlı ve tahmin edilebilir arayüz davranışları), kullanıcıların yürütücü işlevlerini destekler. Gazzaley ve Rosen'in (2016) belirttiği gibi, modern dijital ortamlardaki çoklu görevler ve sürekli kesintiler, yürütücü işlevler üzerinde ağır bir yük oluşturur. Bu nedenle, arayüz tasarımcıları, kullanıcıların sınırlı yürütücü işlev kaynaklarını verimli kullanmalarını sağlayacak, dikkat ekonomisini destekleyen tasarım prensipleri geliştirmelidir (Gazzaley ve Rosen, 2016).

3.2. Bilişsel Kontrol ve Karar Verme Süreçleri

Bilişsel kontrol, karar verme süreçlerini şekillendiren ve yönlendiren temel bir mekanizmadır. Kahneman'ın (2011) ikili süreç teorisine göre, insan düşünce sistemi iki farklı modda çalışır: Sistem 1 (hızlı, otomatik, sezgisel) ve Sistem 2 (yavaş, analitik, bilinçli). Bilişsel kontrol özellikle Sistem 2 ile ilişkilidir ve çelişkili bilgiler arasında seçim yapma, alternatifler arasında değerlendirme yapma ve belirsizlik durumlarında karar verme gibi süreçleri yönetir. Kullanıcı arayüzlerinde, karar verme noktalarının tasarımı, kullanıcıların bilişsel kontrol mekanizmalarının etkinliğini doğrudan etkiler. İyi tasarlanmış seçenekler, açık geri bildirimler ve anlamlı yapılandırılmış bilgi, kullanıcıların daha bilinçli ve etkin kararlar vermesini sağlar (Kahneman, 2011).

Karar verme süreçlerinde belirsizlik ve risk faktörleri, bilişsel kontrol mekanizmalarını daha da önemli hale getirir. Damasio'nun (1994) somatik işaretleyici hipotezi, duygusal ve içgüdüsel faktörlerin karar verme süreçlerindeki rolünü vurgular. Bu hipoteze göre, geçmiş deneyimlerden kaynaklanan duygusal işaretler, karmaşık karar verme durumlarında rehberlik eder. Kullanıcı arayüzlerinde, mevcut durumun açıkça gösterilmesi, sistem davranışının tahmin edilebilirliği ve kullanıcının kontrol

hissini destekleyen tasarım özellikleri, bilişsel kontrol ve karar verme süreçlerini olumlu yönde etkiler. Thaler ve Sunstein'ın (2009) “dürtme” (nudge) kavramı, kullanıcı davranışlarını zorlamadan yönlendiren tasarım özelliklerini ifade eder. Bu yaklaşım, bilişsel kontrol mekanizmalarını destekleyerek kullanıcıların daha iyi kararlar vermesine yardımcı olabilir, ancak etik açıdan dikkatli uygulanmalıdır.

3.3. Otomatik ve Kontrollü Süreçler

Otomatik ve kontrollü süreçler, bilişsel psikolojide insan davranışını şekillendiren iki temel mekanizmadır. Otomatik süreçler, minimal bilişsel kaynak gerektiren, hızlı, paralel işleyen ve genellikle bilinçli farkındalık gerektirmeyen işlemlerdir. Bu süreçler, tekrarlanan deneyimler sonucu geliştirilen beceriler ve alışkanlıklar şeklinde ortaya çıkar. Schneider ve Shiffrin'in (1977) çalışmaları, otomatik süreçlerin nasıl geliştiğini ve işlediğini açıklamıştır. Kullanıcı arayüzlerinde, otomatik süreçler, sık kullanılan işlevlerin daha hızlı ve az bilişsel yükü gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bu nedenle, arayüz tutarlılığı ve tanıdık tasarım kalıpları, kullanıcıların otomatik süreçler geliştirmesini destekleyerek etkileşim verimliliğini artırır.

Kontrollü süreçler ise bilinçli dikkat gerektiren, seri işleyen, daha yavaş ve daha fazla bilişsel kaynak tüketen işlemlerdir. Bu süreçler, yeni veya karmaşık görevlerde, beklenmedik durumlarda ve otomatik süreçlerin yeterli olmadığı durumlarda devreye girer. Norman ve Shallice'in (1986) Denetleyici Dikkat Sistemi (Supervisory Attentional System) modeli, rutin olmayan durumlarda otomatik süreçlerin yerine kontrollü süreçlerin nasıl geçtiğini açıklar. Kullanıcı arayüzlerinde, yeni özellikler veya alışılmadık işlemler kontrollü süreçleri gerektirir. Tasarımcılar, yeni özellikleri tanıtırken, kullanıcılara yeterli rehberlik sağlayarak kontrollü süreçlerin etkinliğini artırabilir. Zaman içinde, tekrarlanan kullanımlar

sayesinde bu kontrollü süreçler otomatikleşebilir. Bilişsel kontrol, bu iki süreç türü arasındaki geçişi düzenleyerek, görevin gereksinimlerine göre en uygun işlem modunun seçilmesini sağlar (Botvinick vd., 2001; Norman & Shallice, 1986).

3.4. Hata Önleme ve Hata Yönetimi

Hata önleme ve yönetimi, bilişsel kontrol mekanizmalarının önemli bir uygulama alanıdır. Reason'ın (1990) insan hataları sınıflandırması, hataları kayma (slip), tökezleme (lapse) ve yanlış (mistake) olmak üzere üç ana kategoriye ayırır. Kaymalar ve tökezlemeler, doğru niyetin yanlış uygulanmasıyla ortaya çıkan yürütme hataları iken, yanlışlar planlama aşamasındaki hatalardan kaynaklanır. Bu hataların her biri, farklı bilişsel kontrol mekanizmalarındaki başarısızlıklarla ilişkilidir. Arayüz tasarımında, bu hata türlerini önlemeye yönelik stratejiler geliştirmek, kullanıcı deneyimini iyileştirmenin ve sistem güvenilirliğini artırmanın önemli bir yoludur. Norman'ın (2013) tasarım prensipleri, özellikle kısıtlayıcılar (constraints), görünürlük (visibility) ve geri bildirim (feedback) ilkeleri, hataları azaltmak için etkili yaklaşımlar sunar.

Hata yönetimi ise, kaçınılmaz olarak ortaya çıkabilecek hataların sonuçlarını en aza indirmeyi ve hataların düzeltilmesini kolaylaştırmayı amaçlar. Bilişsel kontrol açısından, hata tespiti ve düzeltme süreçleri, çelişki izleme (conflict monitoring) mekanizmaları ile yakından ilişkilidir. Botvinick ve arkadaşlarının (2001) çalışmaları, anterior singulat korteksin bilişsel çelişkileri tespit etme ve bilişsel kontrolü artırma rolünü vurgulamıştır. Arayüz tasarımında, hata geri bildirimleri, geri alma (undo) seçenekleri, onay istekleri ve hata toleranslı tasarım, kullanıcıların hatalarını fark etmelerine ve düzeltmelerine yardımcı olur. Hollnagel'in (2016) Bilişsel Sistemler Mühendisliği yaklaşımı, insan-makine sistemlerinin dayanıklılığını (resilience) artırmak için hata yönetimi

stratejilerinin önemini vurgular. Bu stratejiler, kullanıcıların bilişsel kontrol mekanizmalarını destekleyerek, hataların sistem güvenliğini ve performansını tehlikeye atmasını engeller.

4. SONUÇ

Bu bölümde sunulan kuramsal ve uygulamalı tartışma, insan-bilgisayar etkileşimi (HCI) bağlamında bilişsel esneklik ile bilişsel kontrol kavramlarının hem ayrı hem de örtüşen rollerini netleştirmiştir. Bilişsel esneklik, bireylerin kurallar, görev gereksinimleri veya bağlamsal beklentiler değiştiğinde hızlı ve etkin biçimde strateji değiştirebilme kapasitesi olarak tanımlanırken; bilişsel kontrol, hangi stratejinin ne zaman ve hangi yoğunlukta uygulanacağını seçen yürütücü süreçler kümesini ifade eder. Bu ikili, klasik bilişsel işlevler (güncelleme/working memory updating, inhibisyon, geçiş/shifting) açısından birbirleriyle örtüşmekte olup ve literatürdeki ampirik temelleri Miyake ve arkadaşları tarafından ortaya koyulmuştur (Miyake vd., 2000).

HCI için uygulamalı çıkarımlar iki ana düzeyde toplanabilir: (1) tasarım ilkeleri ve (2) sistem mühendisliği / adaptasyon stratejileri. İlk olarak, arayüzlerin yürütücü işlevleri aşırı zorlamadan esneklik imkânı sunması gerekir: çalışma belleği yükünü azaltan görünür gezinme, tutarlı etkileşim geri bildirimleri ve kolay geri alma (undo) seçenekleri gibi öğeler, kullanıcının kontrollü süreçlerini destekler ve otomatikleşmeyi güvenli biçimde kolaylaştırır (ör. görünürlük, kısıtlamalar, anlamlı geri bildirim) (Norman, 2013).

İkinci olarak, adaptif yaklaşımların hibrit kullanımı önerilmektedir: sistem otomatik olarak bazı düzenlemeleri (kullanım sıklığına göre öne çıkan seçeneklerin gösterimi vb.) gerçekleştirebilir, ancak kullanıcıya bu uyarlamaları kabul/ayarlama imkânı verir; böylece kullanıcı kontrolü ve

sistemin öngörücü verimliliği dengelenmiş olur. HCI deneylerinde, statik, adapte edilebilir ve tamamen adaptif menü türleri arasındaki farklar bu dengeyi açıkça göstermiştir; kullanıcılar genellikle kontrol imkânı sunan adaptasyonları tercih etmekle birlikte, doğruluğun yüksek olduğu otomatik adaptasyonların performans yararı sağlayabileceği de bilinmektedir (Findlater ve McGrenere, 2004).

Hata önleme ve hata yönetimi açısından, insan hatalarını sınıflandırmaya yönelik kuramsal araçlar (ör. slip/lapse/mistake ayrımı) ve dayanıklılık yaklaşımları tasarım kararlarını yönlendirmelidir. Hata toleranslı arayüzler —anamlı hata mesajları, geri alma imkânları, doğrulama mekanizmaları— bilişsel kontrol süreçlerinin yükünü azaltır ve sistem güvenilirliğini artırır; benzer biçimde, güvenlik-kritik uygulamalarda “ne zaman otomatik müdahale yapılmalı, ne zaman kullanıcıya kontrol bırakılmalı” kararları hem nörobilimsel hem de HCI bulgularına dayanarak alınmalıdır. Hollnagel’in rezilyans (psikolojik dayanıklılık) yaklaşımı, insan-makine sistemlerinin “neyin doğru gittiğini” inceleyerek dayanıklılığı artırma gereğini vurgular ve bu perspektif HCI içindeki hata yönetimi stratejileri için yol göstericidir (Hollnagel, 2014).

Araştırma ve uygulama için öneriler şöyle özetlenebilir (Gazzaley ve Rosen, 2016):

- (1) HCI araştırmaları bilişsel esneklik ve kontrolün ekolojik geçerliliğini artıracak ölçme araçları geliştirmeli —örneğin görev tabanlı, gerçek kullanım verisiyle desteklenen ölçekler;
- (2) adaptif sistemlerin uzun dönem etkileri, öğrenme ve farkındalık üzerindeki etkileriyle birlikte incelenmeli (kısmi otomasyonun bilinçli farkındalığı azaltma riski);

- (3) nöro-adaptif ve kullanıcı-model tabanlı adaptasyonlarda etik ilke ve şeffaflık standartları geliştirilmelidir (kullanıcı onayı, adaptasyonların görünürlüğü);
- (4) farklı yaş, kültür ve bilişsel profillere yönelik evrensel ve adapte edilebilir tasarım çözümleri birleştirilmelidir. Bu öneriler hem kuramsal literatürle uyumludur hem de pratik uygulamalardan doğan açık problemlere yanıt verir.

Sonuç olarak, bilişsel esneklik ile bilişsel kontrol arasındaki etkileşim —hem bilişsel nörobilim hem de HCI perspektiflerinden— tasarımcılar için belirleyici bir rehberdir. Etkili arayüzler, kullanıcıyı gereksiz kontrollü eforlardan korurken, gerektiğinde kontrollü süreçleri etkinleştirecek ve destekleyecek mekanizmalar sunmalıdır. Adaptif teknolojiler bu dengeyi sağlayacak potansiyele sahiptir; ancak uygulamada şeffaflık, kullanıcı kontrolü ve hata yönetimi gibi ilkelere sıkı biçimde bağlı kalmak gereklidir. Gelecek çalışmaların, çok ölçütlü değerlendirme yaklaşımları ve çok disiplinli (nörobilim + HCI + etik) iş birlikleriyle bu alanı ileri taşıması beklenmelidir.

KAYNAKÇA

- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S. ve Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.3.624>
- Chung, P. H ve Byrne, M. D. (2008). Cue effectiveness in mitigating postcompletion errors in a routine procedural task. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(4), 217-232.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D. ve Beale, R. (2004). *Human-computer interaction* (C. 1). Pearson Education.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. Grosset/Putnam.
- Findlater, L. ve McGrenere, J. (2004). A comparison of static, adaptive, and adaptable menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 89–96). ACM. <https://doi.org/10.1145/985692.985704>
- Gazzaley, A. ve Rosen, L. D. (2016). *The distracted mind: Ancient brains in a high-tech world*. MIT Press.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management*. CRC Press.
- Höök, K. (2000). Steps to take before intelligent user interfaces become real. *Interacting with Computers*, 12(4), 409–426.
- Ionescu, T. (2012). Exploring the nature of cognitive flexibility. *New ideas in psychology*, 30(2), 190-200.

- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Macmillan.
- Miller, E. K. ve Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. ve Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded ed.). Basic Books.
- Norman, D. A. ve Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior. İçinde R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Ed.), *Consciousness and Self-Regulation* (ss. 1-18). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge university press.
- Schneider, W. ve Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, 84(1), 1.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M. S., Jacobs, S., Elmqvist, N. ve Diakopoulos, N. (2016). *Designing the user interface: Strategies for effective human–computer interaction* (6th ed.). Pearson.
- Spiro, R. J., ve Jehng, J.-C. (2012). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter.

İçinde D. Nix & R. J. Spiro (Ed.), *Cognition, education, and multimedia* (ss. 163-205).

Stephanidis, C. (Ed.). (2000). *User interfaces for all: Concepts, methods, and tools*. Lawrence Erlbaum Associates.

Thaler, R. H ve Sunstein, C. R. (2009). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin.

ANTHROPOMORPHISM IN INTERACTION DESIGN: A CONCEPTUAL REVIEW OF THE HUMANIZATION OF DIGITAL AGENTS

Nurullah TAS¹

1. INTRODUCTION

Anthropomorphism, defined as the tendency to transfer human characteristics, intentions, or emotions to non-human entities, has long been a subject of research, particularly in fields such as behavioral sciences, human-machine interaction (HCI), and user-centered design (Koiike & Loughnan, 2021). With the increasing visibility of digital agents such as social robots, virtual assistants, and chat systems in daily life, the influence of the anthropomorphic approach in design processes has become even more visible. For example, voice platforms such as Siri, Alexa, and Google Assistant, as well as humanoid robots such as Pepper and NAO, offer concrete examples that enhance the user experience (Khan et al., 2024; Wutz et al., 2023). Recent literature demonstrates that interactions with digital agents exhibiting human-like behaviors lead to outcomes such as empathy, trust-building, and emotional attachment (Pizzi et al., 2023; Yu et al., 2024). Especially in user-centered areas such as healthcare, education, and consumer support systems, anthropomorphic design enables more fluid, natural, and genuine interactions with digital systems (Lee & Hahn, 2024; Feng et al., 2024). In this context, digital agents are no longer merely

¹ Res. Asst. Phd., Gebze Technical University, Faculty of Business, Department of Business Administration, nurullahtas@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6221-0204.

functional tools but are positioned as digital partners with whom emotional relationships are established.

However, the benefits of anthropomorphic design also come with some limitations and critical dimensions. Overly human-like designs can lead users to develop unrealistic perceptions of these systems, leading to a loss of satisfaction (Lanfranchi & Lemonnier, 2023). Furthermore, the "uncanny valley" phenomenon, observed when human similarity exceeds a certain threshold, can create cognitive dissonance and aesthetic discomfort in individuals (Krstačić et al., 2024). Therefore, the anthropomorphic approach must be structured in a balanced manner, in line with technical capabilities, user perception, and ethical principles (Hamilton et al., 2025).

This section analyzes the theoretical foundations of anthropomorphism in the context of user experience and examines the impact of digital actors with human-like characteristics on everyday life practices. Furthermore, the cognitive, emotional, and behavioral implications of these approaches on the user are evaluated, offering a holistic perspective on future research opportunities based on ethical responsibilities, expectation management, and strategic design principles.

2. WHAT IS ANTHROPOMORPHISM?

Anthropomorphism is defined as the tendency to attribute human-like qualities, feelings, or purposes to non-human entities, and its origins lie in the Ancient Greek words "anthropos" (human) and "morphe" (form). This tendency has been influential in cultural and social contexts throughout history; particularly in ancient mythologies, through the depiction of gods in human form, it has facilitated the establishment of a symbolic link between humans and supernatural figures (Koike & Loughnan,

2021). From this perspective, anthropomorphism has been considered not only an aesthetic tool at the narrative level but also an important form of cognitive representation for the visualization of abstract concepts and the transmission of values (Yang & Qi, 2024).

However, in the context of psychological research, anthropomorphism is studied through individuals' perception of mind; it has been observed that individuals attribute the capacity for thought, the ability to feel, and a sense of purpose to objects or animals, particularly through behavioral or visual cues (Khan et al., 2024). From an evolutionary perspective, this tendency can provide functional advantages such as early recognition of threats in the environment, social adaptation, and navigating complex networks of relationships. Today, this mental structure has become one of the fundamental elements shaping people's interactions with artificial intelligence systems, robotic assistants, and digital agents. Experimental findings show that trust, empathic responses, and ease of interaction with digital characters exhibiting human-like behavior increase (Pizzi et al., 2023).

Anthropomorphic images play a decisive role not only at the individual level of perception but also in the formation of cultural narratives and the construction of social norms. For example, in children's books, animal characters displaying speaking or human characteristics facilitate the transmission of moral norms to children, while in marketing, presenting products in a human-like manner aims to establish an emotional connection with the consumer (Xu et al., 2023; Lee & Hahn, 2024). Such practices not only create emotional closeness to the brand but also have the potential to have a long-term impact on purchasing behavior. From a more general perspective, anthropomorphic approaches play a significant role in organizing the semantic relationships individuals establish with nature and digital systems (Feng et al., 2024).

In recent years, anthropomorphism has been redefined in the context of technology in line with advances in artificial intelligence, autonomous systems, and digital interface technologies. Voice assistants (e.g., Siri, Alexa) and social robots, developed to make the user experience more intuitive, fluid, and understandable, create the impression of social presence through human-like elements such as voice intonation, gestures, language patterns, and emotional responses (Pizzi et al., 2021; Mal et al., 2024). While this facilitates human-computer interaction, it can sometimes lead to the misleading perception that the system is a conscious or sentient actor. Designing digital systems with anthropomorphic features brings with it multi-layered challenges such as ethical responsibilities, psychological effects, and proper management of user expectations (Wutz et al., 2023; Yi & Park, 2024).

3. ANTHROPOMORPHIC APPROACHES IN INTERACTION DESIGN

While anthropomorphism is defined as the tendency to attribute human-like characteristics, emotions, and purposes to non-human entities, within the context of interaction engineering, this concept is considered a crucial design element in making the connection established with digital technologies more intuitive, emotional, and socially meaningful. Contemporary research in the field of human-computer communication (HCI) demonstrates that the use of human-like components in applications such as digital assistants, chat interfaces, and intelligent systems enhances the user experience and enhances the quality of interaction (Wutz et al., 2023; Fakhimi et al., 2023; Khan et al., 2024). Humanoid design not only enhances the functionality of the system but also builds a socially connected relationship

between the user and the system by activating emotional processes such as trust, closeness, and empathy.

From a user-centered design (UX) perspective, anthropomorphic features have the potential to deepen the emotional attachment users form with the system. Experimental studies show that digital agents with human-like elements foster stronger trust, warmth, and satisfaction in individuals (Fakhimi et al., 2023; Khan et al., 2024). Especially in areas requiring high sensitivity, such as healthcare technologies, psychological counseling, and support systems for the elderly, anthropomorphic agents' ability to provide empathic responses, provide services responsive to individual expectations, and their capacity to establish social bonds significantly support user satisfaction and interaction continuity (Wutz et al., 2023; Marziali et al., 2024).

Anthropomorphic agents can be classified into three main categories based on the context in which they are used and their interactional presentation formats: tangible, auditory, and visual anthropomorphism. Physical anthropomorphism is embodied through robotic systems with human-like forms and behavioral patterns. Behavioral cues such as facial expressions, gestures, or natural pauses make these systems more than just ordinary devices, making them easier to perceive as social actors (Pilacinski et al., 2023; Rawassizadeh et al., 2019). Research shows that physical anthropomorphism fosters stronger social bonding and trust in the user (Banks & Carr, 2019; Pizzi et al., 2023).

Vocal anthropomorphism is seen in voice-based digital interaction platforms. For example, applications such as Amazon Alexa or Google Assistant can provide users with a personalized communication experience through natural intonation, language structure, and emotional emphasis (Ghosh & Shah, 2024; Pizzi et al., 2023). In such interactions, where visual support elements are

absent, sound plays a crucial role in establishing emotional trust and a sense of closeness (Khan et al., 2024).

Visual anthropomorphism, on the other hand, is associated with virtual avatars, digital characters, and animations; These systems include human-like representations supported by facial expressions, body language, and micro-gestures. Visual anthropomorphic characters in playgrounds and virtual reality applications lead individuals to perceive these figures as social actors, paving the way for interactions to be experienced on a deeper, more personal, and more meaningful level (Banks & Carr, 2019; Mal et al., 2024). This format positively impacts user interaction and learning processes not only in entertainment fields but also in disciplines such as education, psychological guidance, and digital health applications (Xu et al., 2023).

Therefore, the combined or selective presentation of physical structure, auditory signals, and visual elements multifacets the user experience, transforming the interaction into not only a functional but also an emotionally and socially satisfying experience. In this context, anthropomorphic design strategies; It is carefully structured to establish emotional rapport with the user, prolong interaction time, and increase acceptance of the digital system (Wutz et al., 2023; Fakhimi et al., 2023).

4. COMPONENTS OF ANTHROPOMORPHISM

Anthropomorphism is considered a multilayered cognitive structure and cultural practice that enables non-human entities to be perceived as humans. It stands out as a significant design variable that deepens the user experience in human-machine interactions. Specifically, anthropomorphic design is conceptualized through three core elements: visual anthropomorphism, discursive anthropomorphism, and behavioral anthropomorphism (Hamilton et al., 2025; Koike &

Loughnan, 2021), enabling virtual agents (e.g., digital assistants, robotic systems, avatar characters) to establish more interactive and social connections with the user. These elements contribute to the perception of digital systems as empathetic, trustworthy, and social beings, thus integrating with human-centered design approaches.

4.1. Visual Anthropomorphism

Visual anthropomorphism is a humanization strategy that emerges by integrating human-specific physical and aesthetic elements into the formal designs of digital agents. It becomes possible to establish social closeness and emotional bonds, particularly through visual signals such as eye movements, mouth structure, facial proportions, and facial expressions (Xu et al., 2023; Hamilton et al., 2025). Findings indicate that digital characters with human-like facial structures are perceived by users as warmer, more friendly, and more trustworthy (Khan et al., 2024).

Furthermore, encountering facial representations that resemble the user's own or are closer to a general human physiognomy can significantly increase the level of empathic interaction. On the other hand, if visual anthropomorphism challenges realism, the "uncanny valley" effect can emerge, creating a sense of cognitive unease and distance in the user (Kühne & Peter, 2022). Therefore, a balanced interface between reality and abstraction is necessary in designs.

4.2. Discursive Anthropomorphism

Discursive anthropomorphism is a form of communicative anthropomorphism based on the use of linguistic structures that share human-like speech characteristics in the verbal expressions of digital agents. Address, formality, use of humor, and vocal feedback encourage the perception of the system as a social actor (Koike & Loughnan, 2021). Using a more

natural, genuine, and adaptable discourse facilitates individuals' development of a more engaged and participatory attitude toward the system (Khan et al., 2024).

Advances in Natural Language Processing (NLP) and speech synthesis technologies have enabled digital agents to provide more contextual, meaningful, and emotionally satisfying responses. This transformation strengthens the position of digital agents as social partners and increases users' acceptance and commitment to the system (Hamilton et al., 2025).

4.3. Behavioral Anthropomorphism

Behavioral anthropomorphism is a behavioral representation that allows digital agents to behave like humans through gestures, facial expressions, timed responses, and emotional expressions. Appropriately timed responses to user utterances, natural pauses, or the use of gestures such as head nods facilitate the perception of the system as a responsive and living being (Hamilton et al., 2025; Khan et al., 2024).

Emotion recognition technologies and adaptive systems sensitive to user behavior, in particular, have made it possible for digital agents to respond appropriately to their mood. These response mechanisms, developed through the analysis of facial expressions, tone of voice, and even microreactions, reinforce the impression that the system possesses social intelligence (Xu et al., 2023).

From this perspective, visual, discursive, and behavioral anthropomorphic elements enable digital agents to exhibit human-like qualities not only on a cognitive but also on an emotional and social level. This multifaceted structure supports trust, empathy, and bonding in human-computer interactions, making the user experience more meaningful, rich, and sustainable (Hamilton et al., 2025; Koike & Loughnan, 2021; Khan et al., 2024). In this context, the balanced and holistic

application of these components in interaction design plays a crucial role in increasing user engagement and social acceptance of digital systems.

5. THE PURPOSES AND EFFECTS OF ANTHROPOMORPHISM

Anthropomorphic design is gaining importance as a strategic approach developed to ensure a more intuitive, engaging, and trustworthy evaluation of digital applications in human-technology interactions. This method enhances the user experience by equipping digital agents with human-like characteristics, providing cognitive-emotional outcomes such as loyalty, empathy, perceived intelligence, and social connection (Fakhimi et al., 2023; Ghosh & Shah, 2024). However, the interactive conveniences offered by anthropomorphic elements also bring with them various ethical, psychosocial, and systemic risks. Therefore, the design in question must be carefully considered in a multi-layered, responsibility-based manner during the planning process.

5.1. User Engagement and Emotional Interaction

Digital assistants with human-like characteristics enhance the depth of interaction by creating an emotional rapport between the user and the system. Empirical research has shown that users prefer such systems more, use them for longer periods, and develop more intense loyalty (Pizzi et al., 2023; Khan et al., 2024). Particularly in practical areas such as customer service or personal digital support, users' trust in agents and their reuse tendencies demonstrate that this interaction structure is a functional design outcome (Karahasanović et al., 2021). Such bonds create a strong correlation between user satisfaction and the establishment of a sustainable relationship with the system, increasing long-term digital loyalty (Fakhimi et al., 2023).

5.2. Perception of Intelligence, Competence, and Feeling of Trust

Digital agents' empathy, their ability to provide meaningful feedback at appropriate times, and their compliance with social rules are perceived by users as enhanced cognitive capacity and a high level of trust (Wutz et al., 2023). This plays a decisive role, especially in sensitive areas such as healthcare, psychological support, or crisis intervention. This is because a system's emotional awareness can directly impact user trust in information sharing and decision-making processes (Ghosh & Shah, 2024). Human-like interaction patterns strengthen perceptions of system intelligence, accelerating technology acceptance.

5.3. High Expectations and the Danger of the "Uncanny Valley"

One of the notable risks of anthropomorphic applications is that they can lead users to have unattainable expectations of digital agents. In particular, systems that are highly human-like in appearance or behavior but lack mental or emotional competence can create a disturbing perceptual gap called the "uncanny valley" (Yu et al., 2024). In this scenario, users may experience confusion, distrust, or disappointment, which can negatively impact the user experience and reduce engagement (Zhang et al., 2024). Therefore, establishing a consistent balance between anthropomorphic design and actual technological capabilities is crucial.

5.4. Emotional Manipulation and Ethical Turning Points

The ability of digital systems that provide human-like responses to communicate with users on an emotional level also raises several ethical dilemmas. Systems that use warm, supportive, or flexible language, in particular, can unknowingly

influence individuals' decisions. In such cases, the design carries the risk of "emotional manipulation," potentially undermining an individual's free will and capacity for rational evaluation (Ricci et al., 2024). For example, a virtual consultant who adopts a soothing or humorous tone can highlight an individual's emotions in the decision-making process, making it difficult for them to make rational choices. Such scenarios can lead to serious ethical tensions, particularly in the fields of health counseling, educational technologies, or advertising (Lee & Hahn, 2024).

Furthermore, interaction processes driven by emotional attachments can drive users to consume more, especially on commercially focused digital platforms, or create the potential for digital addiction (Banks & Carr, 2019; Ricci et al., 2024). Therefore, the anthropomorphic approach should not only be considered as a technical design option, but also as a comprehensive area of responsibility that includes ethical principles.

Therefore, the anthropomorphic design approach contributes to more natural, emotion-driven, and lasting interactions between users and digital systems. While positively influencing user loyalty, perception of intelligence, and trust, demonstrating the strengths of this approach, risks such as misleading expectations, perceptual distortions, and emotional manipulation point to areas that must be carefully managed during the design process. Therefore, anthropomorphic interaction models should not only optimize the experience but also be based on a responsible design approach that incorporates ethical sensitivity (Fakhimi et al., 2023; Ricci et al., 2024; Zhang et al., 2024).

6. APPLICATION AREAS AND EXAMPLES

Anthropomorphic approaches are being effectively adopted in many application areas to make human-computer interaction (HCI) more intuitive, emotional, and lasting. From intelligent assistant systems to social robots, from digital characters to educational and medical services, shaping technological platforms with human-like qualities deepens the user experience not only in terms of functionality but also in psychological, social, and cognitive aspects (Fakhimi et al., 2023; Yu et al., 2024).

6.1. Intelligent Assistants

Amazon Alexa, Google Assistant, and similar voice-based intelligent assistants are among the prime examples of the integration of anthropomorphism into daily life. These applications, equipped with natural language processing (NLP) algorithms, interact with users through verbal structures resembling human voice tones and communication styles (Noor et al., 2021; Yu et al., 2024). Users' perception of these digital platforms as intuitive, insightful, and trustworthy tools increases technological acceptance and fosters long-term user loyalty (Fakhimi et al., 2023). This type of communication creates more stable interactions in usage scenarios such as smart home systems, information queries, and daily planning (Rawassizadeh et al., 2019).

6.2. Social Robots

Social interactive robots such as NAO and Pepper are examples that reflect the physical aspect of anthropomorphic design. These robots simulate human behavioral patterns such as gestures, facial expressions, posture, and vocal responses, creating a sense of social presence in the user (Rawassizadeh et al., 2019). Social robots have been found to reduce feelings of loneliness and provide positive psychological changes,

particularly in the care and psychosocial assistance of elderly individuals (Wutz et al., 2023; Marziali et al., 2024). In educational applications, these robots engage students, increase their participation, and strengthen motivation for learning.

6.3. Virtual Agents

Virtual agents, such as chatbots and game character avatars, represent digital entities that communicate with users by combining the linguistic and visual elements of anthropomorphism. These agents increase user satisfaction in customer service with empathic language, humorous expressions, and personalized responses; they also strengthen the user's sense of being understood (Wutz et al., 2023; Crolic et al., 2021). In the gaming world, avatars designed with human-like facial expressions, body language, and emotional feedback encourage the development of one-sided social bonds with players (Lin et al., 2024). These digital figures not only increase the depth of the gaming experience but also strengthen the player's connection to the system by providing emotional underpinning to their decision-making processes.

6.4. Anthropomorphic Systems in Education, Healthcare, and Service Sectors

Anthropomorphic solutions developed in educational contexts make the learning experience more interactive through digital instructors or guide characters. These structures, which attract students' attention, offer individualized feedback, and are perceived as empathetic figures, can contribute to academic performance by increasing learning motivation (Yu et al., 2024; Lin et al., 2024). In healthcare systems, digital therapists and artificial intelligence applications that offer emotional support are used in psychological help processes thanks to their ability to establish empathic connections with individuals (Wutz et al., 2023; Marziali et al., 2024). These systems are reported to

strengthen the therapeutic relationship, increase treatment retention, and produce promising results, especially in the field of mental health. In the field of customer experience, anthropomorphic chatbots enable brands to establish warmer and more personalized relationships with users. These applications can positively contribute to outcomes such as brand perception, satisfaction levels, and customer loyalty (Crolic et al., 2021; Noor et al., 2021).

From this perspective, anthropomorphic technologies demonstrate that when digital systems are shaped with human characteristics, they not only facilitate accessibility but also enable emotional connection, social acceptance, and trust. Presenting smart assistants, interactive robots, and digital characters with human-like structures allows these systems to integrate more easily into social life. In sectors such as education, healthcare, and services, anthropomorphic designs offer significant contributions not only in terms of functional efficiency but also psychological sustainability (Fakhimi et al., 2023; Lin et al., 2024; Wutz et al., 2023). The success of future AI solutions and robotic platforms will depend on the multi-layered application of these humanistic design principles.

7. CRITICISMS AND CONCEPTUAL LIMITATIONS OF ANTHROPOMORPHIC DESIGN

While anthropomorphic approaches have the ability to bring human-computer interaction to a more natural and social context, significant limitations of this application are also observed at the cognitive, emotional, and ethical levels. Giving digital tools human-like characteristics, beyond enhancing the user experience, can have significant consequences such as distorting the perception of reality, triggering mental illusions,

and obscuring ethical obligations (Hamilton et al., 2025; Wutz et al., 2023).

7.1. Unrealistic Human-like Assumptions

Anthropomorphic digital agents can cause users to attribute characteristics such as empathy, purpose, emotional awareness, and consciousness to these systems. Artificial intelligence tools based on textual communication, in particular, can create the perception in individuals that these systems are "understanding" or "caring" agents (Bingaman et al., 2021). Such a cognitive distortion can lead users to demand ethical responses or social responsibility from the systems. However, because the operation of digital systems is based solely on software construction, failure to meet these expectations can lead to serious disappointment and perceptual distortion (Wutz et al., 2023). Therefore, a serious mismatch arises between the user's belief in the system's mental and emotional capacity and its technical operation.

7.2. Overconfidence and Undermining User Freedom

The appearance of anthropomorphic systems as sincere, caring, and intelligent can lead users to place excessive trust in these tools. The perception that systems possess human-like decision-making processes can pave the way for individuals to distance themselves from critical thinking and to unquestioningly trust the information provided (Brock et al., 2024). Especially in contexts requiring responsibility, such as healthcare and education, the erosion of user decision-making can pose ethical and practical risks. Thus, anthropomorphic design can transform from a user-supportive structure into a tool that causes mental dependency.

7.3. Ethical Ambiguities

One of the controversial aspects of anthropomorphic communication is the lack of clear ethical boundaries. Digital systems that interact like humans, particularly their ability to foster emotional closeness, can increase users' sense of social connection and private information-sharing behavior (Khan et al., 2024). In this context, the individual's rational decision-making capacity may be impaired, leading to the perception of the system as a real entity. The balance between the level of sincerity in interaction and the risk of manipulation is often unclear (Hamilton et al., 2025).

Especially in sensitive matters such as health and psychological counseling, when the user is emotionally vulnerable, their interaction with the digital system can lead to unconscious disclosure of information or manipulated decisions (Wutz et al., 2023). Therefore, in the construction of anthropomorphic systems, not only experience enhancement but also individual autonomy and privacy protection must be considered. Openness, transparency, and user information should be considered indispensable ethical principles in this process.

Therefore, while anthropomorphic design strategies have the capacity to make human-technology interactions more intense and emotional, the boundaries of this relationship and the ethical responsibilities must be carefully defined. The potential threats to this strategy include the formation of unrealistic expectations by users of systems, the proliferation of over-trusting interactions, and the proliferation of design patterns susceptible to emotional manipulation. Providing an honest, descriptive, and clearly defined experience to the user is a prerequisite for developing highly interactive and emotionally satisfying systems (Brock et al., 2024; Hamilton et al., 2025; Wutz et al., 2023).

8. THE FUTURE PERSPECTIVE OF ANTHROPOMORPHIC SYSTEMS

The evolution of anthropomorphic technologies is transforming human-computer interaction to a more empathy-focused, interaction-rich, and emotionally satisfying level. This transformation is not limited to technical achievements; it also entails multidisciplinary considerations such as ethical values, design approaches, and user awareness. The development of empathic AI solutions, the reshaping of human-centered design, and trends such as simple anthropomorphism are among the key focuses shaping the future direction of these interactions.

Empathy-enabled AI systems represent a significant milestone in the future of anthropomorphic design. These tools are capable of generating emotionally tailored and personalized responses by assessing an individual's emotional state through multiple audiovisual signals, such as voice intonation, facial expressions, and contextual word structures (Bingaman et al., 2021). This deepening interaction enables connection not only on a mental but also on an emotional level. However, the concept of simulated empathy opens the door to significant ethical debate. The imitation of this uniquely human ability by artificial systems can raise issues such as the impairment of individual freedom and the increased likelihood of emotional manipulation (Pilacinski et al., 2023).

Furthermore, one of the fundamental debates that has emerged in the development of anthropomorphic design is the priority relationship between user needs and technical innovations. The human-centered design approach aims to make technological experience more meaningful and visceral by focusing on user values, psychological expectations, and interaction responses (Yu et al., 2024). The technology-centered approach, on the other hand, focuses on system efficiency,

functionality, and technical suitability (Lanfranchi & Lemonnier, 2023).

One of the important approaches that has recently attracted attention is the "minimalist anthropomorphism" strategy. This method advocates the use of only a limited number of carefully selected human-like elements to enhance the user experience. For example, while elements such as a small amount of facial movement, brief eye contact, or a warm tone of voice may be sufficient to evoke a sense of social connection in the user, excessive similarity can trigger the "uncanny valley" effect, creating perceptual discomfort (Wutz et al., 2023). Therefore, shaping the future of anthropomorphic systems is crucial not only through technological advancement but also through the creation of ethically based, transparent, and human-centered interactions. Empathy-enabled artificial intelligence systems, user-responsive design approaches, and simplified anthropomorphic strategies are crucial for the foundation of new digital interaction models that prioritize both the user experience and values such as autonomy, privacy, and ethical integrity. In this regard, the success of anthropomorphic solutions rests not only on their algorithmic superiority but also on design approaches that are sensitive to human rights and respectful of mental health (Pilacinski et al., 2023; Brock et al., 2024; Wutz et al., 2023).

9. CONCLUSION

Anthropomorphism is not only an approach that enhances functionality in human-computer interaction, but also an interface strategy that deepens the bond individuals establish with digital systems on an emotional and cognitive level. Imbuing digital entities with human-like qualities through elements such as visual anthropomorphic representations, natural spoken language, empathic feedback mechanisms, and social communication

patterns has the potential to make the user experience more visceral, intimate, and enduring. Anthropomorphic design, particularly in scenarios such as digital assistants, interaction robots, and online customer support units, has become a crucial element in strengthening user loyalty, trust, and positive perceptions of technology.

However, despite the benefits offered by anthropomorphic systems, failure to consider the ethical and cognitive limitations of this method can lead users to attribute unrealistic meanings to systems and develop erroneous emotionally based expectations. The fact that digital assistants act or appear "human" can lead individuals to the false impression that these systems possess uniquely human capabilities such as emotion, purpose, and independence. This type of misperception can exaggerate the gap between the system's actual capabilities and user expectations, leading to a lack of trust, dissatisfaction with the experience, and even ethical violations. Therefore, anthropomorphic elements should not only create an impact on the user but also be integrated with a design approach that clearly reveals the system's limitations and fosters awareness.

Therefore, anthropomorphism is an effective and multilayered tool in interaction design; however, it is crucial that this impact be directed within a responsible, transparent, and ethical framework. While enriching the user experience, the line between influence and deception must not be allowed to blur; user safety and cognitive independence must be protected at every level. By adopting this approach, anthropomorphic design will elevate not only digital technologies but also the human-machine relationship to a more holistic, mindful, and enduring platform.

Acknowledgements

Artificial intelligence-supported tools were used in the language and grammar correction of this study.

REFERENCES

- Banks, J., & Carr, C. T. (2019). Toward a relational matrix model of avatar-mediated interactions. *Psychology of Popular Media Culture*, 8(3), 287–295. <https://doi.org/10.1037/ppm0000180>
- Bingaman, J., Brewer, P. R., Paintsil, A., & Wilson, D. C. (2021). “Siri, show me scary images of AI”: Effects of text-based frames and visuals on support for artificial intelligence. *Science Communication*, 43(3), 388–401. <https://doi.org/10.1177/1075547021998069>
- Brock, S., Tandon, A., Joglekar, Y. E., & Behmuaras, P. (2024). Enhancing accessibility in multi-learner virtual reality platform. *Journal of Workplace Learning*, 36(7), 500–515.
- Crolic, C., Thomaz, F., Hadi, R., & Stephen, A. T. (2021). Blame the bot: Anthropomorphism and anger in customer–chatbot interactions. *Journal of Marketing*, 86(1), 132–148.
- Fakhimi, A., Garry, T., & Biggemann, S. (2023). The effects of anthropomorphised virtual conversational assistants on consumer engagement and trust during service encounters. *Australasian Marketing Journal*, 31(4), 314–324.
- Feng, Y., Meng, J., & Cheah, J. (2024). From virtual trainers to companions? Examining how digital agency types, anthropomorphism, and support shape para-social relationships in online fitness. *Psychology & Marketing*, 42(3), 842–865.
- Ghosh, S., & Shah, C. (2024). Spoken conversational search: Evaluating the effect of system clarifications on user experience through wizard-of-oz study. *Journal of the*

Association for Information Science and Technology, 76(5), 819–839.

- Hamilton, K. A., Ward, A. F., & Yao, M. (2025). Mind or machine? *Journal of Media Psychology*, 37(3), 129–143.
- Karahasanović, A., Følstad, A., & Schittekat, P. (2021). Putting a face on algorithms: Personas for modeling artificial intelligence. *Lecture Notes in Computer Science*, 229–240.
- Khan, M. I., Fatima, J. K., Bahmannia, S., Chatrath, S. K., Dale, N. F., & Johns, R. (2024). Investigating the influence of perceived humanization of service encounters on value creation of chatbot-assisted services. *Journal of Service Theory and Practice*, 35(1), 56–88. <https://doi.org/10.1108/jstp-10-2023-0282>
- Koike, M., & Loughnan, S. (2021). Virtual relationships: Anthropomorphism in the digital age. *Social and Personality Psychology Compass*, 15(6). <https://doi.org/10.1111/spc3.12603>
- Krstačić, R., Žužić, A., & Orehovački, T. (2024). Safety aspects of in-vehicle infotainment systems: A systematic literature review from 2012 to 2023. *Electronics*, 13(13), 2563.
- Kühne, R., & Peter, J. (2022). Anthropomorphism in human–robot interactions: A multidimensional conceptualization. *Communication Theory*, 33(1), 42–52. <https://doi.org/10.1093/ct/qtac020>
- Lanfranchi, J., & Lemonnier, S. (2023). The estimation of physical distances between oneself and a social robot: Am I as far from the robot as it is from me? *Europe's Journal of Psychology*, 19(3), 299–307.

- Lee, I., & Hahn, S. (2024). On the relationship between mind perception and social support of chatbots. *Frontiers in Psychology*, 15.
- Lin, X., Li, R., Chen, Z., & Xiong, J. (2024). Design strategies for VR science and education games from an embodied cognition perspective: A literature-based meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 14.
- Mal, D., Döllinger, N., Wolf, E., Wenninger, S., Botsch, M., Wienrich, C., ... & Latoschik, M. E. (2024). Am I the odd one? Exploring (in)congruencies in the realism of avatars and virtual others in virtual reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 5.
- Marziali, R. A., Franceschetti, C., Dinculescu, A., Nistorescu, A., Kristály, D. M., Moşoi, A. A., ... & Rosa, M. D. (2024). Reducing loneliness and social isolation of older adults through voice assistants: Literature review and bibliometric analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e50534. <https://doi.org/10.2196/50534>
- Noor, N., Hill, S. R., & Troshani, I. (2021). Artificial intelligence service agents: Role of parasocial relationship. *Journal of Computer Information Systems*, 62(5), 1009–1023.
- Pilacinski, A., Pinto, A., Oliveira, S., Araújo, E., Carvalho, C., Silva, P. A., ... & Sousa, S. (2023). The robot eyes don't have it: The presence of eyes on collaborative robots yields marginally higher user trust but lower performance. *Heliyon*, 9(8), e18164.
- Pizzi, G., Scarpi, D., & Pantano, E. (2021). Artificial intelligence and the new forms of interaction: Who has the control when interacting with a chatbot? *Journal of Business Research*, 129, 878–890.

- Pizzi, G., Vannucci, V., Mazzoli, V., & Donvito, R. (2023). I, chatbot! The impact of anthropomorphism and gaze direction on willingness to disclose personal information and behavioral intentions. *Psychology & Marketing*, 40(7), 1372–1387. <https://doi.org/10.1002/mar.21813>
- Rawassizadeh, R., Sen, T., Kim, S. J., Meurisch, C., Keshavarz, H., Mühlhäuser, M., ... & Pazzani, M. J. (2019). Manifestation of virtual assistants and robots into daily life: Vision and challenges. *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 1(3), 163–174.
- Ricci, F. S., Liguori, L., Palermo, E., Rizzo, J., & Porfiri, M. (2024). Navigation training for persons with visual disability through multisensory assistive technology: Mixed methods experimental study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 11, e55776.
- Wutz, M., Hermes, M., Winter, V., & Köberlein-Neu, J. (2023). Factors influencing the acceptability, acceptance, and adoption of conversational agents in health care: Integrative review. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e46548. <https://doi.org/10.2196/46548>
- Xu, J., Yang, L., & Guo, M. (2023). Designing and evaluating an emotionally responsive virtual patient simulation. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 19(3), 196–203. <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000730>
- Yang, R., & Qi, Y. (2024). The influence of anthropomorphism on the user experience of digital products. *Lecture Notes in Computer Science*, 368–387. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60898-8_25
- Yi, E., & Park, D. (2024). The impact of physical anthropomorphism in social robots on user compliance:

The moderating effect of issue involvement. In *2024 33rd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 1544–1549).

Yu, C., Yan, J., & Cai, N. (2024). ChatGPT in higher education: Factors influencing ChatGPT user satisfaction and continued use intention. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1354929>

Zhang, J., Chen, T., Gong, W., Liu, J., & Chen, J. (2024). Exploring data input problems in mixed reality environments: Proposal and evaluation of natural interaction techniques. *Future Internet*, 16(5), 150. <https://doi.org/10.3390/fi16050150>

A CONCEPTUAL OVERVIEW OF KNOWLEDGE-BASED GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE ARCHITECTURES: RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG)

Nurullah TAS¹

1. INTRODUCTION

Generative artificial intelligence (Generative AI) has introduced a new paradigm in information technology by making significant advances in natural language generation, particularly through large language models (LLMs). These models are capable of producing meaningful, contextually consistent, and formally successful outputs across a variety of text-based tasks. However, beyond this generative success, LLMs' access to knowledge sources is often limited to static and limited datasets, which poses the risk of deviating from reality (Benavent, 2025). This situation, defined as hallucinatory generation, leads the model to generate persuasive content without relying on verifiable information, posing significant ethical and epistemological challenges, particularly in disciplines requiring high trust, such as health, law, and education (Choi et al., 2025).

In this context, the ability of AI systems to deliver not only linguistic accuracy but also knowledge-based reliability has become a crucial criterion for production quality and reliability. Knowledge-based generation stands out as a structural imperative

¹ Res. Asst. Phd., Gebze Technical University, Faculty of Business, Department of Business Administration, nurullahtas@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6221-0204.

that enables the effective use of AI in decision support mechanisms, learning processes, and tasks requiring expertise (Genovese et al., 2025). Real-time access to information and its presentation in a format appropriate to user queries is not only a technical competence but also a significant indicator of user trust and ethical responsibility (Şakar & Emekci, 2024). Therefore, knowledge-driven production processes not only increase the functionality of artificial intelligence systems but also strengthen their social acceptance.

However, the Retrieval-Augmented Generation (RAG) architecture stands out as a hybrid method developed to overcome accuracy problems in generative AI systems and ensure knowledge integrity. This architecture integrates the generative capacity of large language models with retrieval mechanisms that provide access to external knowledge sources, enabling the creation of verifiable and contextually rich content (Han et al., 2024). RAG-based systems not only rely on the knowledge acquired during the training process but also retrieve current and relevant data by scanning external documents during user interaction and synthesizing this information to produce comprehensive responses (Gargari, 2025). Thus, not only the linguistic fluency of the system but also its knowledge integrity is ensured (Kalyuzhnaya et al., 2025).

This section aims to comprehensively examine Retrieval-Augmented Generation technology, focusing on: It aims to analyze RAG's technical infrastructure, application areas, advanced architectural structures, ethical and sociotechnical responsibilities, and future research opportunities from an interdisciplinary perspective. This chapter presents the fundamental limitations of generative AI and how RAG overcomes these limitations through a theoretical framework. Furthermore, RAG's advantages and use cases are examined from a domain-based perspective, and application examples in contexts

such as healthcare, law, education, and academic information systems are discussed. Furthermore, advanced RAG systems are focused on innovative aspects such as multi-agent architectures, multimodal data structures, and personalization. Subsequently, normative issues such as ethical principles, reliability criteria, and information responsibility are thoroughly evaluated. Finally, the future development directions of RAG technology, research agendas, and its impact on the AI ecosystem in light of open source/public technology trends are discussed. This holistic framework serves as a guide for the reader to understand RAG technology not only as a technical innovation but also within its social, cultural, and ethical contexts.

2. THE CONCEPT OF RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG)

Retrieval-Augmented Generation (RAG) is an advanced artificial intelligence paradigm developed within the framework of Large Language Models (LLMs) that integrates information retrieval and text generation processes. RAG aims to overcome the fundamental limitations of traditional LLMs—specifically, accuracy problems frequently encountered in information generation and the tendency to create unrealistic content, also known as "hallucination"—by dynamically integrating information obtained from external and current data sources into the generation process (Matsumoto et al., 2024; Han et al., 2024; Gargari, 2025). Thus, RAG enhances its capacity to produce contextually relevant and reliable responses, particularly in knowledge-based domains requiring high accuracy.

RAG is defined as a hybrid model that enables the coordinated operation of two main functions: information retrieval and content generation. Thanks to this approach, the model is not limited to training data but can extract relevant and

up-to-date information from external sources at query time. This mechanism has yielded significant performance improvements in various applications such as customer support services, medical consulting, and academic assistance systems (Han et al., 2024; Xu et al., 2024). RAG's key advantage is that it bases text generation on directly verifiable information, thus providing superior content in terms of both consistency and contextual richness.

The RAG architecture consists of three core components: information retrieval, text generation, and synthesis, which integrates these outputs. During the information retrieval phase, the system selects highly relevant documents and text fragments from predefined knowledge bases or extensive data collections; advanced sorting and filtering algorithms are applied during this process (Xu et al., 2024; Iapascorta, 2025). The text generation component uses the obtained information to generate natural and meaningful content. The final stage, integration, transforms the text generated by the accessed data into a coherent and consistent response (Gargari, 2025; Zhan et al., 2025). This structural alignment underpins RAG's ability to provide timeliness and contextual sensitivity.

On the other hand, the most significant difference between RAG and traditional LLMs lies in their information retrieval strategies. Traditional models are limited to static datasets acquired during the training process, posing a risk of outdated information and generating inaccurate information, especially in rapidly changing fields (e.g., medicine, technology) (Li et al., 2024). In contrast, RAG systems minimize these risks by providing instant access to external information sources. Furthermore, the likelihood of classical models misinterpreting the query context is significantly reduced thanks to RAG's data-driven approach (Zhan et al., 2025; Miao et al., 2024). These features reveal RAG's clear advantages in terms of user satisfaction and reliability. Over time, RAG architectures have

evolved to various types and levels of complexity. Some models operate with basic and limited information access, while others produce highly accurate results by integrating with knowledge graphs or rich domain-specific datasets (Matsumoto et al., 2024). The development of RAG systems can be considered as a four-stage process: (1) defining the scope of information access, (2) selecting appropriate and reliable data sources, (3) training the model for information access and content generation tasks, and (4) iterative optimization based on performance metrics. This process requires an interdisciplinary team effort, and the collaborative contributions of language technologists, data scientists, and domain experts are key drivers of the success of RAG systems (Iapascorta, 2025; Xu et al., 2024).

3. RAG ARCHITECTURE: TECHNICAL STRUCTURE AND OPERATIONAL MECHANISM

RAG refers to a complex, multi-layered artificial intelligence architecture that integrates natural language processing (NLP) methods with real-time information retrieval. These systems, which differ from traditional large language models (LLMs), generate output not only based on pre-learned static data but also based on current and context-specific content dynamically sourced from external data sources. This architecture provides significant advances in accuracy, contextuality, and source-based content generation (Izquierdo-Domenech et al., 2024; Han et al., 2024).

3.1. Information Retrieval Process: Vector-Based Search and Embedding Representations

The first phase of RAG operation is to identify the most relevant content for the user query through advanced information retrieval techniques. In this process, semantic-based vector

embedding methods stand out. The user's query is transformed into a meaningful vector representation in a high-dimensional space, and this vector is compared with previously generated document embedding vectors. The closest and most relevant documents are selected using mathematical criteria (Izquierdo-Domenech et al., 2024).

3.2. Text Generation Phase: Context-Based Response Generation with Large Language Models

The resulting related content is presented as input to large language models (LLMs) in the second phase. These models generate meaningful, consistent, and verifiable answers to user queries using contextual information obtained from external sources. Thus, the "hallucination" problem—that is, the risk of deviation from reality—frequently seen in classical LLMs is significantly reduced (Tkachenko et al., 2024). Source-based generation increases both the content richness and reliability of the answers (Gargari, 2025).

3.3. Query Expansion and Document Merge Methods

Query expansion techniques are applied in RAG systems to optimize information retrieval. These approaches provide more comprehensive access to diverse expressions in the database by enriching the original query with synonyms, conceptual variants, or related terms (Li et al., 2025). In addition, the document merging phase integrates content from different sources to form a single, coherent whole. This process is particularly critical for summarizing and filtering multiple documents obtained from large datasets (Han et al., 2024).

3.4. Source-Based Response Generation and the Transparency Principle

The final and crucial phase of the RAG architecture is the generation of responses based on the obtained sources. This phase

ensures that the generated content is not only meaningful and contextually appropriate, but also verifiable and traceable (Tkachenko et al., 2024). Particularly in sectors requiring high sensitivity, such as healthcare and law, clearly citing sources is a crucial requirement for user trust and system transparency (Altalla et al., 2025). Citation enables users to approach information critically, encouraging more informed and healthy interactions with AI-supported systems (Radeva et al., 2024).

4. ADVANTAGES AND LIMITATIONS OF RAG

RAG is an innovative artificial intelligence paradigm that significantly improves the performance of large language models (LLMs) in application domains where reality-based and context-appropriate content generation is essential. However, despite the advantages provided by RAG systems, there are also some technology-specific limitations. Some of these include the fundamental opportunities and challenges faced by RAG in hallucination reduction, access to up-to-date information, data quality, cost, and performance:

4.1. Limiting Hallucination

One of the most significant advantages of the RAG architecture is that it significantly reduces the problem of hallucination (the generation of unrealistic content), a common problem in traditional LLMs. Hallucination is defined as the model generating unrealistic and misleading information based on statistical patterns. RAG systems minimize this risk by drawing information from external sources that can be verified in real time (Benavent, 2025). Particularly in disciplines requiring high accuracy, such as medical, legal, and financial, reliability is enhanced through the dual-layer information access and generation mechanism (Miao et al., 2024). Furthermore, RAG's dynamic information retrieval capacity significantly reduces the

outdatedness problem arising from the dependence of classical models on static training data (Ge et al., 2024).

4.2. Access to Up-to-Date and Verifiable Information

Because RAG systems interact with external and up-to-date information sources, they can provide users with time-sensitive, verifiable, and contextually relevant content (Li et al., 2024). This is especially important in the rapidly changing fields of medicine, economics, and technology. For example, RAG-based architectures in medical decision support systems increase the effectiveness of decision-making processes by providing healthcare professionals with instant and reliable data (Benavent, 2025). Furthermore, the integration of structured and domain-specific knowledge sources enables the model to provide more responsive and relevant answers to queries, increasing user confidence and the quality of interaction (Iapascorta, 2025).

4.3. Data Quality and Cost Factors

The success of the RAG architecture depends largely on the data quality provided by the information retrieval component. The introduction of poor-quality or irrelevant documents can negatively impact the accuracy and reliability of the system's output (Miao et al., 2024; Benavent, 2025). Therefore, the accuracy and reliability of information retrieval processes are crucial to the overall success of the system (Mridha et al., 2021; Ge et al., 2024). On the other hand, the sustainable updating and management of up-to-date and comprehensive knowledge bases incurs high infrastructure costs (Akpınar et al., 2025). This can create access challenges, especially for small-scale organizations and individual users, and exacerbate digital inequalities in AI technologies (Alasmari, 2025; Li et al., 2024).

4.4. Consistency and Performance Challenges

While RAG systems generally excel in accuracy and context sensitivity, performance consistency remains an important area of research and development. The nature and scope of information sources used directly impact the quality of system outputs; irrelevant or incomplete information can lead to unsatisfactory responses (Miao et al., 2024). Furthermore, the timing coordination between information access and text generation is a crucial element of user experience; query delays or access errors can degrade interaction quality (Iapascorta, 2025). Furthermore, consistent performance across different application domains is challenging, and performance metrics can vary depending on the unique requirements of each discipline (Tarabanis et al., 2024). Therefore, model optimization and algorithmic developments should be continuously continued to support the widespread and reliable use of RAG technologies (Alasmari, 2025).

5. APPLICATION AREAS AND USE CASES

RAG technology offers significant functionality across various sectors thanks to its structure that effectively integrates information retrieval and text production processes. Across a wide range of applications, from corporate information systems to healthcare, law, and education, and from academic research to interactive chatbots, RAG demonstrates superior performance in terms of contextual accuracy and adaptability to user needs (Benavent, 2025; Izquierdo-Domenech et al., 2024).

5.1. Enterprise Information Management

In enterprise data management, RAG stands out as a powerful tool that enables the effective analysis and use of large-volume data sets. Especially when integrated with business

intelligence and decision support systems, the ability to extract instant and contextually relevant information from databases contributes to the acceleration of corporate processes and increased efficiency (On et al., 2025). RAG-based structures combine information sources from different departments within the organization to produce comprehensive and consistent answers; This allows for strengthened organizational coordination and increased agility (Christ-Brendemühl, 2024).

5.2. Health, Law, Education, and R&D

In the healthcare sector, RAG provides physicians with scientific evidence-based support by dynamically searching current medical literature and clinical protocols. These systems increase the accuracy of treatment decisions, especially in fields such as oncology and radiology, which are constantly updated (Mridha et al., 2021). In the legal field, RAG applications, which provide quick access to legislation, case law, and judicial decisions, accelerate lawyers' legal research and document preparation processes and enable the strengthening of arguments in litigation (Christ-Brendemühl, 2024). In education, RAG offers personalized learning experiences and supports teaching and learning processes in academic research with functions such as literature review and content synthesis (Kababji et al., 2025).

5.3. Academic Information Assistants

Academic institutions and research centers facilitate information access for students and researchers through RAG-based information assistants; these systems can provide comprehensive and topic-specific answers from scientific databases (Haber et al., 2025). RAG-supported academic assistants, who are involved in processes such as literature review, summarization, and highlighting important findings, not only increase research efficiency but also enhance critical

thinking and collaboration skills (Kababji et al., 2025; Tarabanis et al., 2024).

5.4. Chatbots and Question-Answer Systems

RAG technology is widely used to improve the accuracy and contextuality of chatbots and question-and-answer platforms. Compared to traditional language models, RAG-based systems, which provide access to real-time and up-to-date data sources, provide users with more reliable and relevant answers (Benavent, 2025). In customer service, these chatbots effectively answer complex questions and can facilitate natural and fluent dialogue. In healthcare, they play a supporting role between patients and healthcare professionals in symptom assessment and treatment recommendations (Tu et al., 2024). For technical support and user requests, RAG-supported systems enable rapid problem resolution, improving service quality and user satisfaction (Izquierdo-Domenech et al., 2024).

6. ADVANCED RAG SYSTEMS: MULTI-AGENT AND MULTIMODALITY APPROACHES

RAG systems represent a significant technological advancement by combining multimodal data processing capabilities with the integration of multi-agent architectures. These advanced structures enable RAG to transcend the limitations of text-based information generation and provide context-sensitive and user-centric solutions that also encompass visual and other sensory modalities (Iapascorta, 2025; Gong et al., 2024).

6.1. Characteristics of Agent-Based RAG Architecture

Agent-based RAG systems are a paradigm based on the coordinated collaboration of diverse, task-focused AI agents. Each agent optimizes information retrieval and generation tasks

within a specific area of expertise, increasing the overall accuracy, scope, and depth of the system (Altalla et al., 2025; Iapascorta, 2025). For example, in a RAG architecture designed for the healthcare consulting field, multiple agents specializing in sepsis management and antibiotic recommendations can respond to user requests simultaneously and in an integrated manner (Gong et al., 2024). This workload strengthens the effectiveness of information retrieval and content generation processes, even for complex, multi-step queries.

Furthermore, interaction between agents enriches the user experience and strengthens the bond of trust established with the system. Direct communication with domain-expert agents significantly increases the authority of responses (Altalla et al., 2025). This architecture is particularly important in application scenarios requiring high accuracy and reliability.

6.2. RAG Enriched with Multimodal Content

Multimodality enables RAG systems to process data types other than text—such as images, video, audio, and graphics—to deliver more comprehensive and context-rich outputs (Bao et al., 2025; Choi et al., 2025). In the medical field, simultaneous analysis of radiological images and patient medical history notes is a prime example of improving diagnostic accuracy (Choi et al., 2025). The integration of visual language models into RAG architecture opens up new application possibilities in disciplines requiring visual analysis, such as education and healthcare (Cui & Li, 2024).

In the educational context, multimodal responses supported by relevant graphics and diagrams in explaining complex scientific concepts not only enrich learning processes but also ease students' cognitive load (Bao et al., 2025). Such multimodal outputs increase user satisfaction and learning

effectiveness by providing an experience compatible with human cognitive processes.

6.3. Memory-Based Personalization and Integration

Advanced RAG systems equipped with memory modules can provide context-specific and personalized responses by taking users' past interactions into account (Ge et al., 2024). Particularly in educational environments, providing customized recommendations based on students' previous queries and learning history significantly contributes to improving individual learning outcomes (Ding et al., 2025). In this process, RAG systems can revisit previous misunderstandings and develop targeted feedback mechanisms.

In the healthcare sector, working memory-supported RAG applications integrated with personal data such as patient history and treatment preferences increase trust in patient-AI interactions by providing personalized and sensitive information and supporting treatment compliance (Haber et al., 2025; Ge et al., 2024).

Therefore, advanced RAG systems, empowered with multi-agent architectures and multimodal processing capabilities, represent a significant transformation in knowledge generation and presentation processes. The coordination of specialized agents, multi-modal data integration, and memory-based personalization capabilities transform RAG technology from a mere information delivery tool into a comprehensive, human-centered, context-sensitive system.

7. ETHICS, RELIABILITY, AND INFORMATION RESPONSIBILITY

The rapid adoption of RAG technologies in high-risk fields such as healthcare, education, law, and business

necessitates that these systems be built on ethical principles and used responsibly. In this context, factors such as source transparency, verification mechanisms, traceability of responses, preventing disinformation, and establishing user trust are central to the social acceptance and ethical integrity of RAG-based systems (Choudhury & Asan, 2020; Hewitt et al., 2024).

7.1. Source Transparency

Source transparency is a fundamental building block of the reliability of the information outputs produced by RAG systems. Clearly stating the databases or documents from which the generated responses were derived allows users to critically analyze their content and strengthens the system's ethical responsibility (Choudhury & Asan, 2020). This transparency is particularly critical in fields such as healthcare and law; Because when verifiable scientific publications, clinical protocols, and legal regulations are not presented as references, information outputs can lose their credibility (Lammert et al., 2024). In the field of education, transparency of the model's information production processes is essential for the development of digital literacy and cognitive critical thinking skills (Hewitt et al., 2024).

7.2. Validation and Traceability of Responses

In RAG systems, information validation stands out as a fundamental component of the production process. Users must be able to view the documents underlying the responses provided by the system and the contribution of these documents to the final output to ensure transparency and accountability (Sousa & Cardoso, 2025). Particularly in healthcare applications, the ability to trace the clinical research on which treatment recommendations are based increases the trust healthcare professionals place in AI-based systems and significantly contributes to the protection of medical ethical standards (Francis et al., 2025).

7.3. Information Pollution and Ensuring User Trust

The proliferation of generative AI models has brought with it risks such as information pollution, disinformation, and the production of false information (hallucination). Even if RAG technologies work with external data sources, the possibility of the spread of false or misleading information has not been completely eliminated (Pavlik et al., 2025). To mitigate these risks, systems must prioritize not only the assertiveness of their statements but also the scientific validity and reliability of the information sources they rely on (Wren & Virvou, 2025). Because compelling and persuasive content does not always translate to accurate information, the integrity of sources is a fundamental prerequisite for ethical responsibility (Henriksen et al., 2025). Furthermore, developing digital literacy skills that enable users to critically evaluate AI outputs is considered an important component of information security (Cooper et al., 2025).

8. FUTURE VISION AND RESEARCH AREAS

RAG systems stand out as a rapidly advancing technology in the field of artificial intelligence, offering a wide range of applications. The future development of this technology is shaped by open source and corporate strategies, including automatic knowledge augmentation mechanisms, multi-agent structures, and tool integrations (Han et al., 2024). Key research axes regarding the future potential of RAG technology and their potential for practical applications can be listed as follows:

8.1. Automatic Knowledge Augmentation

One of the key research areas in RAG platforms is improving automatic knowledge augmentation capabilities. This method aims to increase the timeliness and contextual relevance

of model outputs by enabling systems to continuously collect and integrate new information from dynamic and heterogeneous data sources (Han et al., 2024). The ability of the algorithms to analyze various types and quality of data, such as academic articles, clinical trials, and current news feeds, for reliability and contextual relevance is critical (Choudhury & Asan, 2020). In healthcare, education, and similar fields requiring high sensitivity, ensuring real-time and accurate information flow significantly increases the effectiveness and acceptance of RAG solutions (Sun et al., 2024).

8.2. RAG, Multi-Agent Architecture, and Tool Integrations

The advancement of RAG technologies focuses not only on information access capabilities but also on multi-layered collaboration structures that include multi-agent architectures and integrations with external tools. The multi-agent approach enables the coordinated operation of AI components specialized in different areas of expertise, enabling more comprehensive and customized responses to complex and multi-dimensional information requests (Kalyuzhnaya et al., 2025). For example, in the healthcare sector, it is possible for agents specialized in oncology, cardiology, and psychiatry to work together to analyze patient data and provide recommendations integrated with current clinical guidelines (Hasei et al., 2025). Furthermore, the integration of these multi-agent systems with external software such as recommendation engines, decision support tools, and workflow management significantly expands the functionality and application areas of RAG-based solutions (Zhao et al., 2018).

8.3. Open Source Development and Institutional Adaptations

The open source development of RAG platforms fosters innovation by bridging the gap between academic research and

commercial applications. Open source models increase the customizability and flexibility of systems through collaboration between researchers from different disciplines; This allows the creation of modular solutions tailored to industry-specific needs (Han et al., 2024). Furthermore, the integration of solutions with performance monitoring, legal compliance audits, and business intelligence platforms plays a crucial role in integrating RAG technologies into strategic decision support processes (Kim et al., 2025).

9. CONCLUSION

RAG technology signals a significant paradigm shift in artificial intelligence with its capacity to produce knowledge-driven, consistent, and up-to-date content, overcoming the limitations of traditional language models. Its reduced hallucination rates, ability to integrate dynamic and multiple data sources, and context-sensitive personalization options position RAG systems in a transformative position in terms of efficiency and reliability in key sectors such as healthcare, law, education, and business. However, to sustainably realize the potential of this technology, comprehensive ethical frameworks must be established to ensure transparency of information sources, verifiability of responses, and increased user trust. Otherwise, the technical capabilities of systems alone will be insufficient for accepted and reliable applications.

In this future vision, RAG systems' automatic knowledge expansion mechanisms, integration with multi-agent architectures, and open-source-based institutional compliance processes will significantly enhance the scalability and user-specific adaptability of these technologies. RAG will evolve from a platform solely providing information to hybrid AI systems that generate contextually relevant meaning, consider individual user

history, and enable multimodal interactions. This evolution will enable RAG to become a strategic infrastructure component, particularly in areas that demand high accuracy and reliability, such as clinical decision support systems, academic research processes, and public services.

Furthermore, the ethical and effective implementation of these advances must be supported by interdisciplinary research collaborations, the promotion of an open data culture, and user-centered design principles. This holistic approach will enable RAG technology to be positioned as a sustainable and accepted innovation, both technologically and socially.

Acknowledgements

Artificial intelligence-supported tools were used in the language and grammar correction of this study.

REFERENCES

- Akpınar, M. H., Şengür, A., Salvi, M., Seoni, S., Faust, O., Mir, H., ... & Acharya, U. R. (2025). Synthetic data generation via generative adversarial networks in healthcare: a systematic review of image- and signal-based studies. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, 6, 183–192.
- Alasmari, A. (2025). A scoping review of Arabic natural language processing for mental health. *Healthcare*, 13(9), 963.
- Altalla, B., Ahmad, A., Bitar, L., Al-Bssol, M., Al-Omari, A., & Sultan, I. (2025). Radiology report annotation using generative large language models: Comparative analysis. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/ijbi/5019035>
- Bao, X., Lv, Z., & Wu, B. (2025). Enhancing large language models with RAG for visual language navigation in continuous environments. *Electronics*, 14(5), 909. <https://doi.org/10.3390/electronics14050909>
- Benavent, D., Venerito, V., & Michelena, X. (2025). Raging ahead in rheumatology: New language model architectures to tame artificial intelligence. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease*, 17.
- Choi, H., Lee, D., Kang, Y., & Suh, M. (2025). Empowering PET imaging reporting with retrieval-augmented large language models and reading reports database: A pilot single center study. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 52(7), 2452–2462.
- Choudhury, A., & Asan, O. (2020). Role of artificial intelligence in patient safety outcomes: Systematic literature review.

JMIR Medical Informatics, 8(7), e18599.
<https://doi.org/10.2196/18599>

- Christ-Brendemühl, S. (2024). Leveraging generative AI in higher education: An analysis of opportunities and challenges addressed in university guidelines. *European Journal of Education*, 60(1).
- Cooper, G., Tang, K., & Fitzgerald, A. (2025). Intersections of mind and machine: Navigating the nexus of artificial intelligence, science education, and the preparation of pre-service teachers. *Journal of Science Education and Technology*.
- Cui, C., & Li, Z. (2024). Prompt-enhanced generation for multimodal open question answering. *Electronics*, 13(8), 1434.
- Ding, H., Du, Y., & Xia, Z. (2025). Urban road anomaly monitoring using vision-language models for enhanced safety management. *Applied Sciences*, 15(5), 2517.
<https://doi.org/10.3390/app15052517>
- Francis, N. J., Jones, S., & Smith, D. P. (2025). Generative AI in higher education: Balancing innovation and integrity. *British Journal of Biomedical Science*, 81.
<https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.14048>
- Gargari, O. K., & Habibi, G. (2025). Enhancing medical AI with retrieval-augmented generation: A mini narrative review. *Digital Health*, 11.
<https://doi.org/10.1177/20552076251337177>
- Ge, J., Sun, S., Owens, J. F., Galvez, V., Gologorskaya, O., Lai, J. C., ... & Lai, K. (2024). Development of a liver disease-specific large language model chat interface using retrieval-augmented generation. *Hepatology*, 80(5), 1158–1168.

- Genovese, A., Borna, S., Gomez-Cabello, C. A., Haider, S. A., Prabha, S., Trabilisy, M., ... & Forte, A. J. (2025). Artificial intelligence for patient support: Assessing retrieval-augmented generation for answering postoperative rhinoplasty questions. *Aesthetic Surgery Journal*, 45(7), 735–744. <https://doi.org/10.1093/asj/sjaf038>
- Gong, E. J., Bang, C. S., Lee, J. J., Park, J., Kim, E., Kim, S., ... & Choi, S. (2024). The potential clinical utility of the customized large language model in gastroenterology: A pilot study. *Bioengineering*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12010001>
- Haber, Y., Shoal, D. H., Levkovich, I., Yinon, D., Gigi, K., Pen, O., ... & Elyoseph, Z. (2025). The externalization of internal experiences in psychotherapy through generative artificial intelligence: A theoretical, clinical, and ethical analysis. *Frontiers in Digital Health*, 7.
- Han, B., Sušnjak, T., & Mathrani, A. (2024). Automating systematic literature reviews with retrieval-augmented generation: A comprehensive overview. *Applied Sciences*, 14(19), 9103.
- Hasei, J., Hanzawa, M., Nagano, A., Maeda, N., Yoshida, S., Endo, M., ... & Ozaki, T. (2025). Empowering pediatric, adolescent, and young adult patients with cancer utilizing generative AI chatbots to reduce psychological burden and enhance treatment engagement: A pilot study. *Frontiers in Digital Health*, 7.
- Henriksen, D., Creely, E., Gruber, N., & Leahy, S. (2025). Social-emotional learning and generative AI: A critical literature review and framework for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 76(3), 312–328. <https://doi.org/10.1177/00224871251325058>

- Hewitt, K., Wiest, I. C., Carrero, Z. I., Bejan, L., Millner, T. O., Brandner, S., ... & Kather, J. N. (2024). Large language models as a diagnostic support tool in neuropathology. *The Journal of Pathology: Clinical Research*, 10(6). <https://doi.org/10.1002/2056-4538.70009>
- Iapăscuță, V., Fiodorov, I., Adrian, B., & Bostan, V. (2025). Multi-agent approach for sepsis management. *Healthcare Informatics Research*, 31(2), 209–214. <https://doi.org/10.4258/hir.2025.31.2.209>
- Izquierdo-Domenech, J., Linares-Pellicer, J., & Ferri-Molla, I. (2024). Virtual reality and language models, a new frontier in learning. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(5), 46–54. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.007>
- Kababji, S. E., Mitsakakis, N., Jonker, E., Beltran-Bless, A., Pond, G. R., Vandermeer, L., ... & Emam, K. E. (2025). Augmenting insufficiently accruing oncology clinical trials using generative models: Validation study. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e66821.
- Kalyuzhnaya, A. V., Mityagin, S., Lutsenko, E., Getmanov, A., Aksenkin, Y., Fatkhiev, K., ... & Boukhanovsky, A. V. (2025). LLM agents for smart city management: Enhancing decision support through multi-agent AI systems. *Smart Cities*, 8(1), 19.
- Kim, K. H., Jeong, H. I., Lee, G. L. G., & Lee, S. H. (2025). Exploring the potential of acupuncture practice education using artificial intelligence. *Integrative Medicine Research*, 14(1), 101123.
- Lammert, J., Dreyer, T., Mathes, S., Kuligin, L., Borm, K. J., Schatz, U. A., ... & Tschochohei, M. (2024). Expert-guided large language models for clinical decision support

- in precision oncology. *JCO Precision Oncology* (8).
<https://doi.org/10.1200/po-24-00478>
- Li, T. C., Zhou, H., Verma, V., Tang, X., Shao, Y., Buren, E. V., ... & Lin, X. (2024). Favor-GPT: A generative natural language interface to whole genome variant functional annotations. *Bioinformatics Advances*, 4(1).
<https://doi.org/10.1093/bioadv/vbae143>
- Matsumoto, N., Moran, J., Choi, H., Hernandez, M., Venkatesan, M., Wang, P. P., ... Moore, J. H. (2024). Kragen: A knowledge graph-enhanced RAG framework for biomedical problem solving using large language models. *Bioinformatics*, 40(6).
- Miao, J., Thongprayoon, C., Suppadungsuk, S., Valencia, O. A. G., & Cheungpasitporn, W. (2024). Integrating retrieval-augmented generation with large language models in nephrology: Advancing practical applications. *Medicina*, 60(3), 445.
- Mridha, M. F., Ohi, A. Q., Monowar, M. M., Hamid, M. A., Islam, M. R., & Watanobe, Y. (2021). U-vectors: Generating clusterable speaker embedding from unlabeled data. *Applied Sciences*, 11(21), 10079.
- On, S., Cho, S., Park, S., Ha, J., Yi, S., Park, I. Y., ... Yang, B. (2025). Chat generative pre-trained transformer (ChatGPT) in oral and maxillofacial surgery: A narrative review on its research applications and limitations. *Journal of Clinical Medicine*, 14(4), 1363.
- Pavlik, E. J., Woodward, J., Lawton, F., Swiecki-Sikora, A. L., Ramaiah, D. D., & Rives, T. (2025). Artificial intelligence in relation to accurate information and tasks in gynecologic oncology and clinical medicine—Dunning—

- Kruger effects and ultracrepidarianism. *Diagnostics*, 15(6), 735. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15060735>
- Radeva, I., Попчев, И., Doukovska, L., & Dimitrova, M. (2024). Web application for retrieval-augmented generation: Implementation and testing. *Electronics*, 13(7), 1361.
- Sousa, A. E., & Cardoso, P. (2025). Use of generative AI by higher education students. *Electronics*, 14(7), 1258.
- Sun, V. H., Heemelaar, J. C., Hadžić, I., Raghu, V. K., Wu, C., Zubiri, L., ... Reynolds, K. L. (2024). Enhancing precision in detecting severe immune-related adverse events: Comparative analysis of large language models and international classification of disease codes in patient records. *Journal of Clinical Oncology*, 42(35), 4134–4144.
- Şakar, T., & Emekci, H. (2024). Maximizing RAG efficiency: A comparative analysis of RAG methods. *Natural Language Processing*, 31(1), 1–25. <https://doi.org/10.1017/nlp.2024.53>
- Tarabanis, C., Zahid, S., Mamalis, M. E., Zhang, G., Kalampokis, E., & Jankelson, L. (2024). Performance of publicly available large language models on internal medicine board-style questions. *PLOS Digital Health*, 3(9), e0000604.
- Tkachenko, N., Frieder, S., Griffiths, R., & Nedopil, C. (2024). Analyzing global utilization and missed opportunities in debt-for-nature swaps with generative AI. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7.
- Tu, Q., Guo, J., Li, N., Qi, J., & Xu, M. (2024). Mitigating grand challenges in life cycle inventory modeling through the applications of large language models. *Environmental*

Science & Technology, 58(44), 19595–19603.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.4c07634>

- Wren, G., & Virvou, M. (2025). Issues and trends in generative AI technologies for decision making. *Intelligent Decision Technologies*, 19(2), 574–584.
<https://doi.org/10.1177/18724981251320551>
- Xu, K., Zhang, K., Li, J., Huang, W., & Wang, Y. (2024). CRP-RAG: A retrieval-augmented generation framework for supporting complex logical reasoning and knowledge planning. *Electronics*, 14(1), 47.
- Zhan, Z., Zhou, S., Li, M., & Zhang, R. (2025). RAMIE: Retrieval-augmented multi-task information extraction with large language models on dietary supplements. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 32(3), 545–554.
- Zhao, Y., Fesharaki, N. J., Liu, H., & Luo, J. (2018). Using data-driven sublanguage pattern mining to induce knowledge models: Application in medical image reports knowledge representation. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(1).

MAKİNE ÖĞRENMESİNDE KATEGORİK VERİ ANALİZİ

Serpil SEVİMLİ DENİZ¹

1. GİRİŞ

Makine öğrenmesi, son yıllarda veri analitiği, yapay zekâ ve karar destek sistemlerinin merkezinde yer alan en önemli alanlardan biridir. Bu alanın başarısı, büyük ölçüde verilerin yapısına ve bu verilerin doğru şekilde modellenmesine bağlıdır. Makine öğrenmesi uygulamalarında en sık karşılaşılan veri türlerinden biri de kategorik verilerdir. Kategorik veriler, gözlemleri belirli sınıflara ayıran, genellikle nominal (örneğin cinsiyet, kan grubu, şehir adı) veya ordinal (örneğin eğitim düzeyi, müşteri memnuniyet derecesi) özelliklerdir.

Kategorik verilerin analizi, hem teorik hem de pratik açıdan çeşitli zorluklar barındırır. Bir yandan bu tür verilerin sayısal modellere doğrudan dahil edilmesi mümkün değildir; diğer yandan uygun dönüşüm yöntemleri seçilmediğinde modelin performansı ve genelleme gücü olumsuz etkilenebilir. Örneğin, yüksek kardinaliteye sahip kategoriler (binlerce farklı müşteri ID'si veya ürün kodu gibi) boyut patlamasına yol açabilir; dengesiz sınıflar ise modelin bazı grupları görmezden gelmesine neden olabilir. Bu nedenle, kategorik verilerin makine öğrenmesi sürecinde işlenmesi özel yöntemler ve dikkat gerektirmektedir.

Literatürde kategorik veri analizi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. En yaygın yaklaşımlar arasında etiketleme (label

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, sdeniz@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8559-1107.

encoding), tek-sıcak kodlama (one-hot encoding), frekans veya hedef tabanlı kodlama (frequency/target encoding) ve embedding tabanlı temsiller yer almaktadır. Ayrıca CatBoost gibi bazı algoritmalar, kategorik değişkenleri doğrudan işleyebilecek mekanizmalara sahiptir. Bununla birlikte, yöntem seçimi verinin niteliğine, modelin türüne ve çalışmanın amacına göre değişmektedir.

Bu bölümde amaç, makine öğrenmesinde kategorik veri analizinin önemini vurgulamak, mevcut yöntemleri sistematik biçimde açıklamak ve uygulama alanlarındaki örneklerle birlikte güçlü yönleri ve sınırlılıkları tartışmaktır. Ayrıca, gelecekteki araştırmalar için yönlendirici öneriler sunulacak ve özellikle veri özelliklerine göre uygun yöntem seçimine ilişkin bir yol haritası ortaya konacaktır.

2. KATEGORİK VERİLERİN ÖZELLİKLERİ VE SORUNLAR

Makine öğrenmesinde kullanılan veriler çoğunlukla sayısal olsa da, birçok gerçek yaşam uygulamasında kategorik değişkenler önemli bir yer tutar. Kategorik değişkenlerin doğru işlenmesi, model performansı ve genelleme kabiliyeti açısından kritik öneme sahiptir (Zheng & Casari, 2018; Prokhorenkova et al., 2018). Ancak bu veri türü, yapısı gereği çeşitli zorluklar barındırmaktadır.

2.1. Nominal ve Ordinal Veri

Kategorik veriler temelde nominal ve ordinal olmak üzere iki grupta incelenir. Nominal veriler, kategoriler arasında herhangi bir sıralama ilişkisi bulunmayan verilerdir. Örneğin kan grubu (A, B, AB, 0) veya şehir isimleri bu tür verilere örnek gösterilebilir. Ordinal veriler ise belirli bir sıralama ilişkisi içerir; eğitim düzeyi (ilkokul < lise < üniversite) ya da müşteri

memnuniyet dereceleri (kötü, orta, iyi) buna örnektir (Shmueli et al., 2020). Ordinal verilerde sıralama ilişkisi vardır ancak kategoriler arasındaki mesafe nicel değildir.

2.2. Kardinalite ve Dengesizlik

Kategorik verilerde en sık karşılaşılan sorunlardan biri yüksek kardinalitedir. Yüksek kardinalite, bir değişimin çok sayıda kategoriye sahip olması durumunu ifade eder. Örneğin müşteri ID'si veya ürün kodları gibi değişkenlerde binlerce kategori bulunabilir. Bu durumda one-hot encoding gibi yöntemler boyut patlamasına yol açar ve modelin hesaplama maliyetini artırır (Micci-Barreca, 2001). Çalışmalar, bu tür verilerde hedef tabanlı kodlama veya embedding yöntemlerinin daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir (Guo & Berkhahn, 2016; Ke et al., 2017).

Bir diğer önemli sorun ise dengesiz sınıflardır. Kategoriler arasındaki dağılımın eşit olmaması, modelin az gözleme sahip grupları ihmal etmesine yol açabilir. Özellikle sınıflandırma problemlerinde bu durumun performansı düşürdüğü ve adalet/fairness problemleri yarattığı vurgulanmaktadır (Chawla et al., 2002; Fernández et al., 2018).

2.3. Eksik Değerler

Kategorik verilerde eksik değerler önemli bir metodolojik problemdir. Eksik değerler ya sistematik nedenlerle oluşur (örneğin, anketlerde cevap verilmemesi) ya da rastlantısaldır. Eksik kategorik değerlerin yanlış yönetilmesi, modelin önyargılı sonuçlar üretmesine neden olabilir (Little & Rubin, 2019). Bu nedenle literatürde farklı yaklaşımlar önerilmiştir: en sık görülen kategoriyi atama (mode imputation), istatistiksel yöntemlerle tahmin (örneğin KNN imputasyon) veya model tabanlı yöntemlerle tahmindir. Özellikle yüksek boyutlu veri setlerinde model tabanlı eksik değer tamamlama yöntemlerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği rapor edilmektedir (Jager et al., 2021).

3. KODLAMA YÖNTEMLERİ

Makine öğrenmesi algoritmalarının çoğu, doğrudan sayısal verilerle çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle kategorik verilerin sayısal formata dönüştürülmesi zorunludur. Yanlış veya yetersiz kodlama yöntemleri, modelin performansını ciddi şekilde düşürebilir. Literatürde kategorik verilerin dönüştürülmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir.

3.1. Label Encoding

Label encoding, her kategoriye benzersiz bir tam sayı atanması esasına dayanır. Basitliği nedeniyle yaygın kullanılır; ancak ordinal olmayan verilerde kategoriler arasında yapay bir sıralama ilişkisi yaratabilir. Bu nedenle çoğu zaman ağaç tabanlı algoritmalarda tercih edilmektedir (Zheng & Casari, 2018).

3.2. One-Hot Encoding

One-hot encoding, her kategori için ayrı bir sütun oluşturarak 0–1 değerleri ile temsil edilmesini sağlar. Kategoriler arasında sıralama ilişkisi bulunmayan durumlarda doğru bir yöntemdir; fakat yüksek kardinaliteli değişkenlerde boyut patlamasına yol açar (Pedregosa et al., 2011). Bu nedenle büyük veri setlerinde hem hesaplama maliyetini artırır hem de aşırı seyrek matrisler üretir.

3.3. Hashing Encoding

Hashing encoding, kategorileri belirli bir hash fonksiyonu aracılığıyla sınırlı boyutlu vektörlere dönüştürür. Boyut patlamasını önlemek için etkili bir yöntemdir; ancak hash çakışması (collision) riski bulunmaktadır (Weinberger et al., 2009). Büyük ölçekli metin verisi ve kullanıcı verisi çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır.

3.4. Target ve Mean Encoding

Target encoding, her kategorinin hedef değişkenle ilişkisini yansıtan istatistiklerle temsil edilmesini sağlar. Örneğin, her kategori için hedef değişkenin ortalama değeri kullanılabilir. Bu yöntem özellikle yüksek kardinaliteli verilerde etkili bulunmuştur (Micci-Barreca, 2001; Guo & Berkahn, 2016). Ancak dikkat edilmediğinde hedef sızıntısı (target leakage) sorununa yol açabilir. Bu nedenle çapraz doğrulama ya da zaman sıralı (ordered) kodlama teknikleri ile uygulanmalıdır (Prokhorenkova et al., 2018).

3.5. Weight of Evidence (WOE) ve James-Stein Kodlama

WOE, kategorilerin log-olasılık oranına dayalı olarak dönüştürülmesini sağlar ve özellikle kredi risk skorumada çalışmalarında yaygın kullanılır (Siddiqi, 2012). James-Stein kodlama ise yüksek varyans sorununu azaltmaya yönelik istatistiksel bir düzenleme yaklaşımıdır (Micci-Barreca, 2001).

3.6. Embedding Tabanlı Yaklaşımlar

Son yıllarda derin öğrenme tabanlı yöntemlerin gelişmesiyle birlikte embedding tabanlı kategorik temsil yöntemleri ön plana çıkmıştır. Bu yöntemlerde her kategori, düşük boyutlu yoğun vektörlerle temsil edilir. Bu yaklaşım hem yüksek kardinalite sorununu çözer hem de kategoriler arasındaki gizli ilişkilerin öğrenilmesini sağlar (Guo & Berkahn, 2016; Zheng et al., 2018). CatBoost ve TabTransformer gibi modern modeller, embedding tabanlı temsil tekniklerini doğrudan kullanabilmektedir.

4. ALGORİTMA-ÖZEL UYGULAMALAR

Kategorik veri analizi, kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarına göre farklı zorluklar ve fırsatlar sunar. Bazı

algoritmalar kategorik verileri doğrudan işleyebilirken, diğerlerinde ön işleme ve uygun kodlama yöntemleri kritik rol oynar.

4.1. Ağaç Tabanlı Modeller

Karar ağaçları, rastgele ormanlar (Random Forest), gradyan artırma makineleri (XGBoost, LightGBM, CatBoost) gibi ağaç tabanlı algoritmalar, kategorik verilerle en sık kullanılan modeller arasında yer alır.

- Karar Ağaçları ve Random Forest: Bu algoritmalar etiketleme (label encoding) ile çalışabilse de yüksek kardinalite durumunda performans düşebilir (Breiman, 2001).
- XGBoost ve LightGBM: Varsayılan olarak one-hot encoding kullanılır, ancak yüksek kardinaliteli değişkenlerde hashing veya target encoding daha uygun bulunmuştur (Chen & Guestrin, 2016; Ke et al., 2017).
- CatBoost: Kategorik verileri doğrudan işleyebilen en gelişmiş algoritmalarından biridir. “Ordered boosting” ve “target statistics” yöntemleri sayesinde hedef sızıntısını azaltır ve yüksek kardinaliteyle etkili biçimde başa çıkar (Prokhorenkova et al., 2018).

Literatürde yapılan kıyaslamalarda, CatBoost’un kategorik değişkenleri diğer boosting algoritmalarına kıyasla daha az ön işleme gereksinimiyle daha yüksek performans sergilediği gösterilmiştir.

4.2. Lineer Modeller

Lineer regresyon ve lojistik regresyon gibi lineer modeller, doğrudan kategorik değişkenleri işleyemez. Bu nedenle:

- MOne-hot encoding en sık kullanılan yöntemdir.
- WOE (Weight of Evidence) özellikle kredi risk modellerinde tercih edilir (Siddiqi, 2012).
- Target encoding lineer modellerin tahmin gücünü artırabilir; ancak dikkatli uygulanmazsa overfitting riskini yükseltir (Micci-Barreca, 2001).

Lineer modeller, kategorik veriler için uygun kodlama yapıldığında güçlü ve yorumlanabilir sonuçlar verebilmektedir.

4.3. Derin Öğrenme ve Embeddingler

Derin öğrenme modelleri, özellikle yüksek boyutlu ve büyük ölçekli kategorik verilerle çalışmada önemli avantajlar sunmaktadır.

- **Embedding Katmanları:** Kategoriler düşük boyutlu yoğun vektörlerle temsil edilir ve bu sayede boyut patlaması önlenir (Guo & Berkhahn, 2016).
- **TabNet ve TabTransformer:** Son yıllarda önerilen derin öğrenme tabanlı mimariler, kategorik verilerin temsilinde embedding katmanlarını etkin biçimde kullanarak klasik yöntemlere kıyasla üstün performans göstermektedir (Arik & Pfister, 2021; Huang et al., 2020).
- **Yorumlanabilirlik:** Embedding tabanlı temsillerin görselleştirilmesi, kategoriler arasındaki ilişkilerin keşfedilmesini sağlar. Bu yöntem, özellikle sosyal bilimlerde ve sağlık araştırmalarında yorumlanabilir modeller geliştirmeye imkân tanır (Zhang et al., 2021).

5. MODELLEME PROTOKOLLERİ VE DEĞERLENDİRME

Kategorik veri analizi yalnızca kodlama yöntemlerinin seçimine bağlı değildir; aynı zamanda modelleme sürecinde izlenen protokoller ve performansın değerlendirilme biçimi de son derece önemlidir. Yanlış protokoller, özellikle hedef değişkenle ilişkili kodlama yöntemlerinde hedef sızıntısı (target leakage) ve yanlı sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle literatürde güvenilir ve tekrarlanabilir modelleme süreçleri için çeşitli yöntemler önerilmektedir.

5.1. Sızıntı-Güvenli Kodlama

Target veya mean encoding gibi yöntemler, hedef değişkenin kategorilere göre ortalama değerlerini kullanır. Ancak bu yöntem, eğitim verisindeki bilgiyi test setine sızdırarak modelin olduğundan daha yüksek performans göstermesine neden olabilir (Micci-Barreca, 2001). Bu sorunu önlemek için önerilen başlıca stratejiler şunlardır:

- Out-of-Fold (OOE) Encoding: Kodlama yalnızca eğitim fold'unda hesaplanır ve doğrulama fold'unda kullanılır.
- Zaman Sıralı (Ordered) Encoding: Özellikle zaman serisi verilerinde, yalnızca geçmiş verilerden elde edilen istatistiklerle kodlama yapılır (Prokhorenkova et al., 2018).
- Nested Cross-Validation: Hem model hem de kodlama parametrelerinin bağımsız olarak optimize edilmesini sağlar (Varma & Simon, 2006).

Bu yöntemlerin ortak amacı, modelin gelecekteki veriler üzerinde daha gerçekçi ve genellenebilir bir performans sergilemesini sağlamaktır.

5.2. Çapraz Doğrulama ve Doğrulama Stratejileri

Çapraz doğrulama (cross-validation), kategorik verilerin modelleme sürecinde kritik bir rol oynar. Özellikle dengesiz sınıfların bulunduğu durumlarda stratified k-fold cross-validation tercih edilmektedir (Kohavi, 1995). Bu yöntem, her fold'da sınıf dağılımının korunmasını sağlayarak daha dengeli ve güvenilir bir değerlendirme sunar.

Buna ek olarak:

- Time-series split zaman bağımlı kategorik verilerde kullanılır.
- Group k-fold aynı gruba ait kategorilerin hem eğitim hem de test setinde bulunmasını engelleyerek veri sızıntısı riskini azaltır.

5.3. Performans Metrikleri

Kategorik hedef değişkenlerin bulunduğu sınıflandırma problemlerinde yalnızca doğruluk (accuracy) ölçütü yeterli değildir. Literatürde önerilen başlıca metrikler şunlardır:

- Precision, Recall, F1-Skoru: Özellikle dengesiz sınıflarda önemlidir (Sokolova & Lapalme, 2009).
- ROC Eğrisi ve AUC (Area Under Curve): Modelin ayırım gücünü ölçer.
- Confusion Matrix (Karmaşıklık Matrisi): Tahmin edilen ve gerçek değerlerin ayrıntılı karşılaştırmasını sağlar.
- Macro/Micro Averaged F1: Çok sınıflı problemlerde kullanılır.
- Cohen's Kappa: Şansa bağlı uyumu ayıklayan bir doğrulama ölçütüdür.

5.4. Adalet (Fairness) ve Yorumlanabilirlik

Son yıllarda kategorik veri analizinde yalnızca performans değil, aynı zamanda adalet (fairness) ve yorumlanabilirlik boyutları da önem kazanmaktadır. Çalışmalar, farklı kodlama yöntemlerinin modellerde gruplar arası hata oranlarını değiştirdiğini göstermektedir. Bu nedenle:

- Equal Opportunity Difference, Demographic Parity, Group AUC gap gibi metriklerle adalet ölçümü yapılmalıdır.
- SHAP (SHapley Additive exPlanations) ve LIME (Local Interpretable Model-Agnostic Explanations) gibi yöntemlerle kategorik değişkenlerin modele etkisi yorumlanabilir hale getirilmelidir (Lundberg & Lee, 2017).

6. UYGULAMA ALANLARI

Kategorik veri analizi, yalnızca teorik bir konu değil; aynı zamanda birçok disiplin için kritik uygulama alanlarına sahiptir. Eğitimden sağlığa, finanstan sosyal bilimlere kadar geniş bir yelpazede, kategorik verilerin doğru şekilde işlenmesi model performansını ve elde edilen bulguların güvenilirliğini doğrudan etkilemektedir.

6.1. Eğitim Alanında Uygulamalar

Eğitim araştırmalarında öğrencilerin cinsiyet, eğitim düzeyi, bölüm tercihi, öğrenme motivasyonu gibi değişkenleri çoğunlukla kategorik niteliktedir. Purwoningsih ve arkadaşları 2021’de yapmış oldukları çalışmada tamamen çevrim içi öğrenim ortamında öğrencilerin demografik profilleri, LMS aktiviteleri gibi kategorik veriler kullanılarak erken akademik başarı tahmini yapılmıştır. One-hot ve label encoding gibi kodlama yöntemleri

ile Random Forest sınıflandırıcı kullanımıyla %85.03 doğrulukla sonuç elde edildiği raporlanmıştır

6.2. Sağlık Alanında Uygulamalar

Tıp ve biyomedikal araştırmalarda kategorik veriler oldukça yaygındır. Hastalık varlığı/yokluğu, tanı grupları, ilaç kullanımı gibi veriler çoğunlukla ikili veya çok sınıflı kategorik yapıdadır. Klinik araştırmalarda lojistik regresyonun yanı sıra, XGBoost ve CatBoost gibi güçlü algoritmalar hedef sızıntısını engelleyen target encoding yöntemleriyle birlikte kullanılmaktadır (Rajkomar et al., 2019).

6.3. Finans ve Ekonomi Alanında Uygulamalar

Finans sektöründe kredi skrolama, dolandırıcılık tespiti ve müşteri segmentasyonu gibi alanlarda kategorik veriler kritik rol oynamaktadır. Özellikle meslek grubu, medeni durum, yaş kategorileri, kredi geçmişi gibi değişkenler, modellerin öngörü gücünü belirleyen temel özelliklerdir. Bu alanda Weight of Evidence (WOE) ve target encoding sıkça kullanılmakta; kredi risk modellerinde lojistik regresyon ile birlikte yaygın biçimde uygulanmaktadır (Siddiqi, 2012). Son yıllarda LightGBM ve CatBoost gibi algoritmaların finansal verilerde kategorik değişkenlerle başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmektedir (Ke et al., 2017).

6.4. Sosyal Bilimler Alanında Uygulamalar

Sosyoloji, psikoloji ve iletişim araştırmalarında anketler en yaygın veri toplama yöntemidir. Bu anketlerde elde edilen verilerin büyük kısmı kategoriktir. Örneğin tutumlar, görüşler, siyasi tercih, sosyal medya kullanım biçimleri gibi değişkenler, çoğunlukla nominal ya da ordinal yapıya sahiptir. Bu tür verilerin analizi için ki-kare testleri ve lojistik regresyon gibi klasik yöntemlerin yanı sıra, son yıllarda makine öğrenmesi tabanlı modeller de kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Fernández ve

arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada sosyal medya kullanıcılarının davranışlarını sınıflandırırken dengesiz sınıf problemini SMOTE yöntemiyle çözmüş ve kategorik verilerden elde edilen sonuçların sosyal davranış analizi için güçlü göstergeler sunduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKÇA

- Arik, S. O., & Pfister, T. (2021). TabNet: Attentive interpretable tabular learning. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(8), 6679–6687. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i8.16826>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16, 321–357. <https://doi.org/10.1613/jair.953>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Fernández, A., García, S., Herrera, F., & Chawla, N. V. (2018). SMOTE for learning from imbalanced data: Progress and challenges, marking the 15-year anniversary. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 61, 863–905. <https://doi.org/10.1613/jair.1.11192>
- Guo, C., & Berkahn, F. (2016). Entity embeddings of categorical variables. *arXiv preprint arXiv:1604.06737*. <https://arxiv.org/abs/1604.06737>
- Huang, X., Khetan, A., Cvitkovic, M., & Karnin, Z. (2020). TabTransformer: Tabular data modeling using contextual embeddings. *arXiv preprint arXiv:2012.06678*.
- Jäger, J., Allignol, A., & Blettner, M. (2021). Handling missing categorical data in machine learning: Current state and future directions. *Statistical Methods in Medical*

- Research*, 30(9), 2053–2070.
<https://doi.org/10.1177/0962280221101150>
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... & Liu, T. Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 3146–3154.
<https://papers.nips.cc/paper/2017/hash/6449f44a102fde848669bdd9eb6b76fa-Abstract.html>
- Kohavi, R. (1995). A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 1137–1145.
- Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2019). *Statistical analysis with missing data* (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765–4774.
<https://arxiv.org/abs/1705.07874>
- Micci-Barreca, D. (2001). A preprocessing scheme for high-cardinality categorical attributes in classification and prediction problems. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 3(1), 27–32.
<https://doi.org/10.1145/507533.507538>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: Unbiased boosting with categorical features. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 31, 6638–6648.

- Purwoningsih, T., Santoso, H. B., Puspitasari, K. A., & Hasibuan, Z. A. (2021). Early prediction of students' academic achievement: Categorical data from fully online learning on machine-learning classification algorithms. *Journal of Nonlinear and Unpredictable Studies*, 4(1), 37–44. <https://jonuns.com/index.php/journal/article/view/713>
- Rajkomar, A., Oren, E., Chen, K., Dai, A. M., Hajaj, N., Hardt, M., ... & Dean, J. (2019). Scalable and accurate deep learning with electronic health records. *NPJ Digital Medicine*, 1(18), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0029-1>
- Shmueli, G., Bruce, P. C., Yahav, I., Patel, N. R., & Lichtendahl, K. C. (2020). *Data mining for business analytics: Concepts, techniques, and applications in Python* (2nd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Siddiqi, N. (2012). *Credit risk scorecards: Developing and implementing intelligent credit scoring*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>
- Varma, S., & Simon, R. (2006). Bias in error estimation when using cross-validation for model selection. *BMC Bioinformatics*, 7(1), 91. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-7-91>
- Weinberger, K., Dasgupta, A., Langford, J., Smola, A., & Attenberg, J. (2009). Feature hashing for large scale multitask learning. *Proceedings of the 26th International Conference on Machine Learning (ICML)*, 1113–1120. <https://doi.org/10.1145/1553374.1553516>

- Zhang, H., Ma, X., & Wang, Y. (2021). Categorical embeddings for interpretable machine learning in healthcare. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4, 668234. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.668234>
- Zheng, A., & Casari, A. (2018). *Feature engineering for machine learning: Principles and techniques for data scientists*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ DEĞERLENDİRMELERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com