

ISSN: 2980-1311
E-ISSN: 3023-4239

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM DERGİSİ

JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATION

CİLT: 4 SAYI: 1

HAZİRAN 2026

BİLGİ TEKNOJİLERİ VE İLETİŞİM DERGİSİ

(BTK Dergi)

JOURNAL OF INFORMATION
TECHNOLOGIES AND COMMUNICATION

Cilt: 4 Sayı:1

Haziran 2026

ISSN: 2980-1311

E-ISSN: 3023-4239



BİLGİ
TEKNOLOJİLERİ
VE İLETİŞİM
KURUMU

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM DERGİSİ (BTK Dergi)

Hakemli Akademik Araştırma Dergisi

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Adına Sahibi
Ömer Abdullah KARAGÖZOĞLU

Baş Editör
Dr. Abdulkerim GÜN

Editörler
Salih BOZKURT
Korkmaz AFACAN (İngilizce Dil Editörü)

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Yakuphan GÜLEÇ

Bilimsel Yayın Koordinatörü
Dr. Polat ÜRÜNDÜL

Redaksiyon
Kübra YAVUZ ÇAKIR

Yönetim ve İletişim
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Eskişehir Yolu Mustafa Kemal Mah.
No: 276 Posta Kodu: 06530 Çankaya/Ankara
e-posta: dergi@btk.gov.tr
web: https://dergi.btk.gov.tr

Yayın Türü
Yaygın Süreli Yayın
ISSN: 2980-1311
E-ISSN: 3023-4239

Grafik Tasarım
Yasemin KULA
Kevser GÜLDOĞAN

Baskı
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından basılmıştır.

Baskı Adedi
100 Adet

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi'nde yayımlanan yazılardaki görüşler yazarına aittir.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi (BTK Dergi) ve yayımlanan makaleler Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International kapsamında lisanslanmıştır. Bu lisansın bir kopyasını görüntülemek için <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> adresini ziyaret edin.

Yılda iki sayı (Haziran-Aralık) yayımlanır.

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM DERGİSİ (BTK Dergi)

JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATION

Cilt:4, Sayı:1, Haziran 2026

T.C. BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU HAKEMLİ AKADEMİK ARAŞTIRMA DERGİSİ

BAŞ EDITÖR

Dr. Abdulkirim GÜN

EDITÖRLER

Salih BOZKURT

Korkmaz AFACAN (İngilizce Dil Editörü)

BİLİMSEL YAYIN KOORDİNATÖRÜ

Dr. Polat ÜRÜNDÜL

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Yakuphan GÜLEÇ

YAYIN KURULU

Dr. Ahmet KILIÇ

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

Prof. Dr. Faruk TAŞCI

Akademisyen - Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri - İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Feyzullah TEMURTAŞ

Dekan - Elektrik ve Elektronik Mühendisliği - Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Dr. Gazali ÇİÇEK

Başkanlık Müşaviri - Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

Prof. Dr. Halil İbrahim BÜLBÜL

Akademisyen - Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Fatih AYSAN

Akademisyen - Sosyoloji - Marmara Üniversitesi

Dr. Metin KARADAĞ

Bilişim Başuzmanı - Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

Dr. Muhammed Erkam KOCAKAYA

Akademisyen - Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri - İstanbul Üniversitesi

Mustafa KARAMAN

Kurum Başkan Yardımcısı - Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

Prof. Dr. Yavuz SAMUR

Akademisyen - Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi - Bahçeşehir Üniversitesi

Dr. Şahin BAYZAN

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Ali Yılmaz ÇAMURCU - *Dekan- Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi*

Prof. Dr. Bülent KENT - *Rektör- Aydın Adnan Menderes Üniversitesi*

Prof. Dr. Sedat MURAT - *İktisat Fakültesi – İstanbul Üniversitesi*

Prof. Dr. Süleyman ÖZDEMİR - *Rektör - İstanbul Esenyurt Üniversitesi*

Prof. Dr. Şakir TAŞDEMİR - *Rektör – Sinop Üniversitesi*

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU - *Mühendislik Fakültesi- Gazi Üniversitesi*

Yayın ve Danışma Kurulu isimleri baş harflerine göre alfabetik olarak sıralanmıştır.

BU SAYININ HAKEMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Servet Can Dönmez- *Mersin Üniversitesi*

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Nusret Özalp- *Kastamonu Üniversitesi*

Doç. Dr. Ayse Bilginer Kucur- *Atatürk Üniversitesi*

Dr. Erman Işık- *University of Glasgow*

Doç. Dr. Erdoğan Aydın- *İstanbul Medeniyet Üniversitesi*

Dr. Öğr. Üyesi Serhat Madsar- *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi*

Dr. Reyhan Candar- *Atatürk Üniversitesi*

Dr. Merve Tosun- *Anadolu Üniversitesi*

Dr. Öğr. Görevlisi İsmail Akşit- *Kafkas Üniversitesi*

Dr. Arş. Görevlisi Ercan Atagün- *Düzce Üniversitesi*

Doç. Dr. Neslihan Kılıç- *Dicle Üniversitesi*

Doç. Dr. Elif Gürdal Limon- *Gümüşhane Üniversitesi*

Dr. Umud Orujov- *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi*

BİLİMSEL YAZIŞMA

Makaleler ile ilgili tüm soru ve yazışmalarınız için:

Tel: 0312 412 24 00 / e-posta: dergi@btk.gov.tr

BAŞ EDITÖRDEN

Kıymetli okurlar,

Bilgi Teknolojileri, Elektronik Haberleşme Sektörü ve Posta Sektörü üst başlıklarıyla ilgili bilimsel alan, disiplin veya alt disiplinlerde araştırmacıların ve akademî dünyasının araştırma ve çalışmaları doğrultusunda elde edilen bulgular ile güncel sektörel gelişmelerin bilimsel bir platformda duyurulması ve yayınlanması ile deneysel ve teorik bilgilerin paylaşılmasına, geliştirilmesine ve artırılmasına katkıda bulunarak en son bilimsel gelişmeleri bir araya getirmeyi amaçlayan Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi (BTK Dergi)'nin Haziran 2026 sayısı ile okuyucularımızın karşısındayız.

Deniz ÖZÇELİK ve Mustafa KARA tarafından hazırlanan “*Türkiye’de Sosyal Medya Dezenformasyonlarının Siyasi Kutuplaştırıcı Rolü: X Platformu Örneği*” başlıklı makale, dijital iletişim ortamlarında hızla yayılan dezenformasyon içeriklerinin toplumsal ve siyasal etkilerine odaklanmaktadır. Çalışma, özellikle X (Twitter) platformu üzerinden yayılan yanlış ve yanıltıcı bilgilerin bireyler arası etkileşimlerde nasıl ayrıştırıcı ve kutuplaştırıcı bir söylem ürettiğini ortaya koymaktadır. Nitel araştırma yöntemi ve içerik analizi çerçevesinde yürütülen araştırma, dezenformasyonun yalnızca bilgi kirliliği yaratmakla kalmayıp aynı zamanda siyasi görüş, etnik kimlik, dini inanç ve toplumsal cinsiyet gibi hassas alanlar üzerinden toplumsal ayrışmayı derinleştirdiğini göstermektedir.

Aysu Müge YEŞİL YILMAZ tarafından kaleme alınan “*Avrupa Birliği Yapay Zekâ Düzenlemelerinde Kamu Otoritelerinin Roller*i” başlıklı makale, Avrupa Birliği’nin güncel yapay zekâ politikalarını çok katmanlı bir yönetim perspektifiyle ele almaktadır. Çalışma, Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi üzerinden kamu otoritelerine atfedilen düzenleyici, denetleyici ve uygulayıcı rollerin nasıl yeniden şekillendiğini analiz etmektedir. Bu çerçevede makale, yapay zekâ alanında hukuki, stratejik ve operasyonel düzeylerin bütüncül bir politika mimarisi oluşturduğunu ortaya koyarken, kamu otoritelerinin klasik rollerinin ötesine geçen yeni işlevler kazandığını vurgulamaktadır.

Erdem DEMİRCİOĞLU tarafından hazırlanan “*A Productivity Analysis and Strategic Implications of Türkiye’s 5G Deployment*” başlıklı makale, Türkiye’de mobil haberleşme teknolojilerinin evrimi bağlamında 5G yatırımlarının ekonomik ve stratejik etkilerini incelemektedir. Çalışma, LTE deneyimlerinden hareketle 5G’nin potansiyel verimlilik kazanımlarını analiz ederken, özellikle finansman maliyetlerinin yatırım verimliliği üzerindeki belirleyici rolüne dikkat çekmektedir. Nicel veri analiziyle desteklenen araştırma, 5G’nin yüksek potansiyeline rağmen mevcut makroekonomik koşullar altında finansal sürdürülebilirliğinin

önemli zorluklar içerdiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle makale, telekomünikasyon politikaları, yatırım stratejileri ve teknolojik egemenlik tartışmalarına bütüncül bir perspektif sunmaktadır.

Emrehan TAŞTEKİN tarafından kaleme alınan “Afet Sonrası Elektronik Haberleşme Sürekliliğinde Yapay Zekâ Destekli Katmanlı Kapasite Planlaması” başlıklı makale, afet koşullarında haberleşme altyapısının sürdürülebilirliğine yönelik yenilikçi bir model önermektedir. Çalışma, mobil baz istasyonları, taşınabilir uydu sistemleri ve İHA rollerini entegre eden yapay zekâ destekli katmanlı bir karar mimarisi geliştirerek ilk 24 saatlik kritik süreçte iletişim sürekliliğinin nasıl sağlanabileceğini analiz etmektedir. Bulgular, önerilen modelin kapsama oranını artırarak geleneksel yaklaşımlara kıyasla daha etkin sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Cemre ÇINAR ve Saniye YAVUZ tarafından hazırlanan “İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yapay Zekâ Tabanlı Risk Analizi: Bütünleşik Bir Mimari Yaklaşım Önerisi” başlıklı makale, iş sağlığı ve güvenliği alanında yapay zekâ temelli dönüşümü çok boyutlu bir perspektifle ele almaktadır. Çalışma, uzman sistemler, makine öğrenmesi ve IoT tabanlı sensör ağlarının İSG uygulamalarında giderek yaygınlaştığını ortaya koyarken, mevcut literatürde bu teknolojilerin çoğunlukla parçalı biçimde ele alındığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda makale, açıklanabilirlik, veri yönetimi ve kurumsal uyum gibi kritik eksikliklere dikkat çekerek, veri toplama süreçlerinden karar destek mekanizmalarına kadar uzanan beş katmanlı bütünleşik bir mimari önerisi geliştirmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının yalnızca teknik değil aynı zamanda etik ve yönetsimsel boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunan çalışma, İSG’de daha şeffaf, denetlenebilir ve sürdürülebilir bir dijital dönüşüm için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Son olarak Ersel ERTÜRK tarafından kaleme alınan “Bolluk ve Ayrışma Arasında: İkinci Makine Çağı’nı Emek Payı ve Bölüşüm Penceresinden Okumak” başlıklı kitap incelemesinde ise, dijital teknolojilerin ekonomik ve toplumsal etkilerini eleştirel bir perspektiften incelenmektedir. Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee’nin “İkinci Makine Çağı” eserini merkeze alan çalışma, dijitalleşmenin bir yandan üretkenlik ve refah artışı yarattığını, diğer yandan ise gelir dağılımında derinleşen eşitsizliklere yol açtığını tartışmaktadır. “Bolluk” ve “ayrışma” kavramları üzerinden ilerleyen analiz, özellikle emek payındaki değişim, beceri temelli kutuplaşma ve sermaye-emek ilişkilerindeki dönüşüm gibi temel iktisadi sorunları gündeme taşımaktadır.

Söz konusu çalışmaların ortaya koyduğu kavramsal ve analitik katkıların, dijital çağın çok katmanlı yapısını anlamaya yönelik gelecekteki akademik araştırmalara önemli bir referans noktası oluşturmalarını temenni ederim.

Dr. Abdulkerim GÜN

Baş Editör

İÇİNDEKİLER

Türkiye’de Sosyal Medya Dezenformasyonlarının Siyasi Kutuplaştırıcı Rolü: X Platformu Örneği 1-32 <i>Deniz ÖZÇELİK - Mustafa KARA</i>	1-32
Avrupa Birliği Yapay Zekâ Düzenlemelerinde Kamu Otoritelerinin Rollerini33-66 <i>Aysu Müge YEŞİL YILMAZ</i>	33-66
A Productivity Analysis and Strategic Implications of Türkiye’s 5G Deployment67-100 <i>Erdem DEMİRCİOĞLU</i>	67-100
Afet Sonrası Elektronik Haberleşme Sürekliliğinde Yapay Zekâ Destekli Katmanlı Kapasite Planlaması.....101-121 <i>Emrehan TAŞTEKİN</i>	101-121
İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yapay Zekâ Tabanlı Risk Analizi: Bütünleşik Bir Mimari Yaklaşım Önerisi.....122-145 <i>Cemre ÇINAR - Saniye YAVUZ</i>	122-145
Kitap Kritiği: Bolluk ve Ayrışma Arasında: İkinci Makine Çağı’nı Emek Payı ve Bölüşüm Penceresinden Okumak.....146-159 <i>Ersel ERTÜRK</i>	146-159

Türkiye’de Sosyal Medya Dezenformasyonlarının Siyasi Kutuplaştırıcı Rolü: X Platformu Örneği*

Deniz Özçelik¹ Mustafa Kara²

Gönderilme Tarihi: 15 Ocak 2026

Kabul Tarihi : 5 Mart 2026

Atıf | Citation: Özçelik, D., & Kara, M. (2026). Türkiye’de sosyal medya dezenformasyonlarının siyasi kutuplaştırıcı rolü: X platformu örneği. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4 (1). 1-32 <https://doi.org/10.66643/btkdergi.1864018>

Araştırma Makalesi / Research Article

ÖZET

İletişim ve bilişim teknolojilerindeki gelişmeler, internet ve sosyal medya kullanımını yaygınlaştırmıştır. İnsanlar yurtiçi ve yurtdışı gelişmelerden daha hızlı haberdar olmaya başlamışlardır. Ancak manipülasyon amaçlı üretilen ve sosyal medya platformlarında kontrolsüz biçimde yayılan yalan/yanlış içerikler siyasal kutuplaşmayı keskinleştirdiklerinden, ülkelerin iç ve dış güvenliğini tehlikeye sokma riski bulunmaktadır. Söz konusu güvenlik riskine istinaden, Türkiye’de Dezenformasyon Kanunu diye anılan 2022 tarih ve 7418 sayılı “Basın Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” çıkarılarak, toplumu yönlendirme amaçlı kasıtlı/kasıtsız, yalan/yanlış sosyal medya içeriklerinin toplumsal barışı ve kamu düzenini bozmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda araştırmanın amacı, sosyal medya dezenformasyonlarının siyasi kutuplaştırıcı rolünün belirlenmesidir. Araştırma nitel bir yaklaşımla, örnek olay desenine göre şekillendirilmiştir. Türkiye’de 10.04.2025-10.06.2025 tarihleri arasında, ülke gündeminde yer alan haberler çerçevesinde, X (Twitter) Platformunda üretilen ve Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı Dezenformasyonla Mücadele Merkezi (DMM) tarafından yalan/yanlış olduğu ilan edilen içeriklerle araştırma sınırlandırılmıştır. Araştırma verileri doküman incelemesi yöntemiyle toplanmış, kodlanarak temalar ve alt temalar şeklinde kategorize edilmiştir. Veriler içerik analiziyle çözümlenmiş, MAXQDA Programı kullanılarak kategoriler arasındaki ilişkiler görselleştirilip değerlendirilmiştir. Sonuçta dezenformasyon haberlerine ilişkin, X Platformu’nda yapılan olumsuz yorumların sırayla “siyasi görüş, etnik köken, dini inanç ve cinsiyeti” hedef aldıkları; genel yönelimlerinin bariz bir şekilde saldırgan, söylem tarzının ise baskın biçimde ayrıştırıcı, nefret, hakaret/küfür, alay unsurlarını barındırdıkları anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kamu Güvenliği, Siyasi Kutuplaşma, Nefret Söylemi, Sosyal Medya, 7418 Sayılı Dezenformasyon Kanunu.

* Bu araştırma 04-07 Eylül 2025 tarihlerinde Balıkesir Üniversitesi ev sahipliğinde düzenlenen 8. Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu’nda (Balıkesir/Türkiye) özet bildiri şeklinde sunulmuştur.

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale, denizyuksele@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9441-1307

² Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale, kimimbenkaram@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2012-4815

The Politically Polarizing Role of Social Media Disinformation in Turkey: The X Platform Example

ABSTRACT

Advances in communication and information technologies have expanded the use of the internet and social media. People have become more rapidly informed about domestic and international developments. However, false/inaccurate content produced for manipulation and spread uncontrollably on social media platforms exacerbates political polarization, posing a risk of endangering the internal and external security of countries. In response to this security risk, the Law No. 7418 dated 2022, also known as the Disinformation Law in Turkey, was enacted to prevent intentional or unintentional false/inaccurate social media content aimed at manipulating society from disrupting social peace and public order. Within this framework, the study seeks to explore the politically polarizing impact of disinformation disseminated through social media platforms. To achieve this objective, the research adopts a qualitative methodology, structured around a case study design that enables in-depth analysis of the phenomenon in its contextual complexity. The research was confined to content produced on the X (Twitter) platform between April 10 and June 10, 2025, in the context of news that gained prominence in Turkey and was classified as false or misleading by the Center for Combating Disinformation under the Presidency's Directorate of Communications. Research data were obtained through document review, then coded and organized into themes and subthemes. The data were analyzed using content analysis, and inter-category relationships were visualized and interpreted through the MAXQDA software. It was concluded that negative comments on disinformation news on the X Platform targeted, in this order, "political views, ethnicity, religious belief, and gender." Their general orientation was clearly aggressive, their rhetoric predominantly discriminatory, and contained elements of hatred, insults/profanity, and mockery.

Keywords: *Public Security, Political Polarization, Hate Speech, Social Media, Disinformation Law No. 7418.*

GİRİŞ

Bilgi iletişim teknolojilerinin ve sosyal medyanın sunduğu iletişim olanakları, yanlış ve yanıltıcı haberlerin yayılımını kolaylaştırarak toplumsal kutuplaşmayı derinleştirmektedir. Algoritmaların ve yankı odalarının etkisiyle bireylerin benzer görüşlerle çevrili olması, çevrimiçi ayrışmayı artırmakta; bu durum, ifade özgürlüğü ve demokratik katılım açısından ikili bir rol üstlenen sosyal medyanın aynı zamanda kamu güvenliğini tehdit eden söylemlere zemin hazırlamasına neden olmaktadır. Dezenformasyon, özellikle siyasi bağlamda, aşırı gruplar ve aktörler tarafından kitleleri yönlendirme amacıyla kullanılmakta; çevrimiçi kutuplaşma fiziksel protestolara dönüşebilmektedir. Dünya Ekonomik Forumu’nun 2024 raporunda (bkz. www.weforum.org, 2024) küresel bir risk olarak tanımlanan dezenformasyon olgusu hem gelişmiş hem de gelişmekte olan demokrasiler için ciddi bir tehdit olarak görülmekte; devletler bu tehdide karşı çeşitli düzenleyici ve önleyici stratejiler geliştirmektedir.

Devlet güvenliği bağlamında sosyal medya kaynaklı dezenformasyonların etkisini irdeleyen bu araştırma, Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı’na bağlı DMM tarafından X platformunda yayımlanan dezenformasyon içeriklerini inceleyerek, bu tür bilgilerin siyasi kutuplaşmayı tetikleyici rolünü ortaya koymayı amaçlamaktadır. Dezenformasyon konusunda iletişim, halkla ilişkiler, gazetecilik gibi alanlarda çalışmalar bulunmasına karşın, konunun kamu güvenliği ve toplumsal boyutuna ilişkin çalışmaların az sayıda olduğu görülmüştür. Yapılan tarama sonucu konuya ilişkin Web of Science (WOS) da yayınlanan 6071 makalenin 230 tanesinin, TR Dizin de yayınlanan 137 makalenin 29 tanesinin toplumsal ve siyasal kutuplaşmaya yönelik olduğu görülmüştür (bkz. <https://www.webofscience.com>, 2025; <https://trdizin.gov.tr>, 2025). Bu bağlamda, araştırmanın dezenformasyon olgusunu kamu güvenliği ve toplumsal boyutu yönlerinden değerlendirek, bilimsel yazına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Araştırmada ilk olarak literatür incelenerek, konuya ilişkin kavramlar açıklanmış, sosyal medya dezenformasyonlarının toplumu kutuplaştırıcı rolü incelenmiş, dezenformasyonla mücadeleyle yönelik hukuki ve idari düzenlemeler hakkında bilgi verilmiştir. İkinci olarak araştırmanın veri toplama yöntemi ve analiz tekniği anlatılmıştır. Üçüncü olarak araştırma bulguları ortaya konulmuş ve açıklanmıştır. Son olarak araştırma bulguları literatür bağlamında değerlendirilmiş, bilimsel gelişmeye ve topluma katkıları yönlerinden tartışılmıştır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatür özeti başlığı altında dezenformasyon olgusu kavramsal, kuramsal ve hukuksal bağlamda incelenerek değerlendirilmiştir.

1.1. Dezenformasyon, Sosyal Medya ve Siyasi Kutuplaşma

Bilgi çağı, dijital çağ gibi adlarla anılan 21. yüzyılda, dijital iletişim araçlarının gelişmesi ve teknolojiye erişimin kolaylaşmasıyla, yoğun bilgi akışına maruz kalınmaktadır. İnternetin yaygınlaşmasıyla, her türlü bilginin insanların bir tık uzağında olmasının sağladığı fırsatların yanı sıra, dijital mecralarda yayılan bilgilerin yalan/yanlış veya kötü amaçlı kullanımının yaratacağı tehlikeler de söz konusudur. Gazetelerin ve televizyon kanallarının temel haber kaynakları oldukları dönemlerde haberlerin duyulması, yayılması ve izlenmesi kolektif bir aktiviteyken akıllı telefonların, dizüstü bilgisayarların internetin ve tabletlerin kullanımının yaygınlaşmasıyla haber paylaşımı bireysel bir aktiviteye dönüşmüştür (Demir, 2024, s. 28). Bilgiye ulaşım ihtiyacı özellikle savaş, pandemi, doğal afet gibi olağanüstü durumlarda artmaktadır. Ancak dolaşımdaki bilgilerin kaynaklarının doğruluğu, yalan, aldatıcı veya manipülatif amaçlar içerip içermedikleri sorun teşkil etmektedir. Wardle ve Derakshan (2017, s. 20), “mezenformasyon, dezenformasyon ve malenformasyon” şeklinde üç tür bilgi bozukluğuna dikkat çekilmiştir. Mezenformasyon, yanlış ancak kötü niyetli olmayan bilgiyi ifade ederken, malenformasyonda doğruluk içeren bilginin kötü niyetli kullanılması söz konusudur. Dezenformasyon ise mezenformasyon ve malenformasyon olgularının arasında yer almakta ve “*yalan bilginin kasıtlı biçimde üretilip, yayılması*” ifade etmektedir.

Bilgi bozukluğu türlerinden dezenformasyon en genel anlamıyla, kasıtlı zarar verme amacıyla üretilmiş yanlış bilgi olarak ifade edilmektedir (Kleijssen, 2019). Avrupa Komisyonu’nun tanımına göre dezenformasyon, kamuya zarar verme potansiyeli taşıyan yanlış ya da yanıltıcı içeriklerin, ekonomik fayda elde etme ya da toplumu kasıtlı olarak yanıltma amacıyla sistematik biçimde üretilmesi ve dolaşıma sokulmasıdır (EU APAD, 2018, s. 1). Dezenformasyonu diğer bilgi bozukluğu türlerinden ayıran en önemli faktör yalan/yanlış içerikli bu haberlerin kasıtlı olarak üretilip yayılmasıdır. Dezenformasyonda kullanılan bilgiler tamamen yalan olabileceği gibi, gerçeğin kasten çarpıtılması da söz konusu olabilmektedir (www.bundesregierung.de, 2025).

Propaganda amaçlı dezenformasyonun 1920’lerde kapitalist ülkelerin, Sovyetler Birliği ideolojisine karşı yürüttükleri propaganda kampanyalarıyla başladığı öne sürülmekle birlikte, bu tür faaliyetlerin başlangıcının insanlık tarihinin daha gerilerine götürülebileceği de belirtilmiştir (Gülsünler vd., 2024, ss. 1-4). Eski Mısır hükümdarı II. Ramses’in M.Ö. 1274’te Hititlilerle yaptığı, sonucu belirsiz Kadeş Savaşı’nı halkına kazanmış gibi yansıtması, tarihteki ilk dezenformasyon örneği olarak kabul edilmektedir. 1700’lerde İngiltere’deki Jakoben isyanı sırasında İngiltere Kralı II. George’un hasta olduğu haberleri yayılarak, ülkedeki kaos ortamı artırılmak istenmiştir. 1835’te The New York Sun Gazetesi dönemin ünlü gökbilimcilerinden Sir John Herschel’e atfen, Ay’da yaşam olduğuna ilişkin bir makale dizisi yayımlamış ve kısa sürede satışlarını önemli ölçüde artırmıştır (Starmans, 2017). I ve II Dünya Savaşları ile Soğuk Savaş Dönemi de dezenformasyona sıkça başvurulmuş dönemlerdir. Yakın zamanda 2003 Irak İşgali, 2011 Suriye İç Savaşı, 2014 Rusya-Ukrayna Savaşı, 2016 ABD Başkanlık Seçimleri dezenformasyon faaliyetlerinin en yoğun kullanıldığı olaylardan bazılarıdır (Gülsünler, 2024, s. 23). Dezenformasyonun yayılması, yazılı veya basılı araçların kullanıldığı dönemlerde daha zor iken, dijital medya araçlarının gelişmesi ve çeşitlenmesi bu işi kolaylaştırmıştır. Instagram, X (Twitter), Facebook gibi sosyal ağlar ve portallar ile Wikipedia, Ekşi Sözlük vb. sosyal sözlükler karşılıklı etkileşimle geliştiklerinden, yanlış bilginin yayılmasına elverişli bir zemin yaratmaktadırlar. Takipçi sayısı fazla sosyal ağlarda amaç, haberin ya da paylaşılan içeriğin doğruluğundan ziyade, ne kadar çok tepki aldığı, okunduğu ve paylaşıldığıdır (Turan, 2015, s. 110). Çevrimiçi dezenformasyonla mücadelede sosyal medya aktörlerinin kendi iç denetim mekanizmalarını geliştirmeleri, ulusüstü kuruluşlar vasıtasıyla denetim, sivil toplum kuruluşları, medya kuruluşları, özel sektör ve kamu sektörü iş birliğiyle denetim, yasal yaptırımlar getirilmesi ve medya okuryazarlığına yönelik eğitim projelerinin hayata geçirilmesi gibi önerilerden söz edilmektedir (Şahin, 2023, s. 285). Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) 2016 Başkanlık Seçimleri sırasında gerçekleştirildiği öne sürülen dezenformasyon faaliyetlerinin seçim sonuçları üzerine etkileri medyada uzun süre tartışılmıştır. Tartışmalar dünya kamuoyunun dikkatini dezenformasyon konusuna çekmiş, cezai yaptırımlar içeren yasal mevzuatların hazırlanması, sansür, ağ yavaşlatma, erişim engeli getirilmesi vb. çeşitli stratejiler hayata geçirilmiştir (bkz. Uygun, 2024, s.168; Karakelle, 2024, ss. 54-57; Özkervancı, 2020, ss. 41-46; Şahin, 2023, ss 289-290):

Ülke	Geliştirilen Strateji
ABD	Dezenformasyon sorunu özellikle dış politika bağlamında ele alınmış ve önemli bir tehdit olarak değerlendirilmiştir. 2016 Başkanlık Seçiminden sonra gerçekleştirilen yasal düzenlemelerle, özellikle dış ülkelerden kaynaklanan dezenformasyonla mücadelede “Küresel Angajman Merkezi” kurulmuş ve uygulanan stratejiler ABD dış politikasının önemli bir unsuru haline getirilmiştir.
Almanya	2021’de, 1998 tarihli “Aşırı Sağcılık ve Nefret Söylemiyle Mücadele” ve “Alman Sosyal Ağ” kanunlarında değişikliğe gidilerek, yalan/yanlış içerikli haberleri başka bireylere zarar verme kastıyla üretip yaymaya karşı para ve hapis cezası getirilmiştir.
Fransa	2018’de seçim güvenliğinin sağlanmasına ve 2019’da internet üzerinden yayılan ayrıştırmacı söylemleri önlemeye yönelik yürürlüğe konulan yasalar doğrudan dezenformasyonla mücadele amaçlı çıkarılmasalar da konuya yönelik alınan tedbirler kapsamında değerlendirilmektedir.
Rusya Federasyonu	2022’de yürürlüğe konulan yasayla, kötü niyetli olarak halkı ayrıştırmaya yönelik yalan haber üretenlere hapis cezası getirilmiştir.
Singapur	2019’da kamu düzenini tehlikeye sokan yalan içeriklerle mücadele amacıyla “Çevrimiçi Sahtekarlık ve Manipülasyondan Koruma Yasası” çıkarılmış, kamu kurumlarına sansür uygulama ve çeşitli cezai yaptırımlar getirme yetkisi verilmiştir.
Türkiye	2022 tarih ve 7418 sayılı Basın Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunun 29. maddesinde, “halkı yanıltıcı bilgiyi alenen yayanlara bir yıldan üç yıla kadar hapis cezası verilmesi, bu suçun failin gerçek kimliğini gizleyerek ya da bir örgüt faaliyeti çerçevesinde işlemesi halinde hapis cezasının yarı oranında artırılması” öngörülmüştür (bkz. RG: 18/10/2022-31978).

Tablo 1. Dezenformasyonla Mücadele Stratejisi Örnekleri

Tablo 1'de devletlerin dezenformasyonla mücadele amacıyla geliştirdikleri stratejilere ilişkin bazı örnekler yer verilmiştir. ABD dezenformasyonla mücadeleyi dış politika bağlamında değerlendirip, dış kaynaklı dezenformasyonla mücadele amacıyla kurumsal yapılanma yolunu izlemiştir. Diğer örneklerde ise dezenformasyonla mücadelenin iç politika çerçevesinde ele alındığı anlaşılmaktadır. Almanya, Fransa ve Türkiye³ mevcut kanunlarda değişiklikler yapma yolunu seçmişlerdir. Singapur ve Rusya Federasyonu ise müstakil kanunlar çıkararak stratejilerini belirlemişlerdir. Örneklerde, yalan haberleri yayarak toplumu yönlendirme ve galeyana getirme amaçlı paylaşımlara devletlerin hoşgörülü yaklaşmadıkları görülmektedir.

Türkiye'de yasal düzenlemeler, dezenformasyonla mücadelede tek başına yeterli görülmemiş, 2022'de Dezenformasyonla Mücadele Merkezi (DMM), Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı bünyesinde yapılandırılarak kamuoyuna resmen ilan edilmiştir (bkz. <https://x.com/fahrettinaltun/>, 2025). DMM internet sitesinde kamuoyunu doğru bilgilendirmek amacıyla, yalan/yanlış içerikli haberler düzenli biçimde paylaşılmaktadır (bkz. <https://www.iletisim.gov.tr/turkce/dezenformasyon-bulteni>, 2025).

Devletlerin dezenformasyonla mücadele stratejilerinin temelinde iç ve dış güvenlik tehditlerinin yattığı söylenebilir. Yalan/yanlış üretilen ve yayılan haberler hükümetler aleyhine kamuoyunun yönlendirilmesine, toplumdaki siyasal kutuplaşmanın keskinleşmesine, nefret söyleminin yaygınlaşmasına, vatandaşların devlet güçleriyle karşı karşıya getirilmesine, kamu güvenliğinin zarar görmesine ve sonuç itibarıyla kamu düzeninin bozulmasına yol açmaktadır. Türkiye ve yakın çevresinde yaşanan Arap Baharı, Gezi Kalkışması, 15 Temmuz Darbe Girişimi, Turuncu Devrim, Rusya-Ukrayna Savaşı, Suriye İç Savaşı, Afganistan ve Irak'ın işgali gibi olaylar esnasında yürütülen dezenformasyon faaliyetleri, devletlerin kamu düzenini bozmada dezenformasyonun etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Aydın, 2023, s. 2603).

İnsanların sosyalleşme ihtiyaçları, internet ve bilişim teknolojilerindeki ilerlemeler sosyal medyanın gelişiminde etkili olmuştur. İnternet kullanıcılarının, aralarında iletişim kurmalarına ve fotoğraf, video gibi paylaşımlar yapmalarına imkân veren çevrimiçi uygulamalar, sosyal medya platformları olarak tanım-

³ 2022 tarih ve 7418 sayılı Basın Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (RG: 18/10/2022: 31987).

lanmaktadır. İletişim araçları insanlığın mağara duvarlarına resimler çizdiği dönemlerden başlayarak günümüzde Facebook, Youtube, X, Instagram gibi platformlarla devam etmekte ve hızla sanal mecraya taşınmaktadır. Zaman ve mekân kısıtları olmaksızın, insanların sosyalleşmesine en ucuz yolla imkân veren sosyal medyanın giderek yaygınlaşması, gazeteler ve televizyon kanalları gibi geleneksel medya araçlarını sınırlandırmıştır. Sosyal medyanın hızlı ve ucuz bir iletişim aracı olması, bilgisayar ve mobil cihazlarda çift yönlü kullanıma imkân vermesi onu oldukça kullanışlı kılmaktadır (Tosun, 2025, ss. 850-851).

Dijital 2025 Küresel Genel Bakış Raporu verileri, dünyada sosyal medya kullanıcı kimliklerinin sayısının 5,24 milyara ulaştığını ve bu rakamın dünya nüfusunun %63,9'una karşılık geldiğini göstermektedir (Dijital 2025). Türkiye'de ise sosyal medya kullanıcılarının sayısı 58,5 milyona ulaşmıştır. 58,4 milyon kişi ile Instagram Türkiye'de en çok kullanıcısı olan sosyal medya platformudur (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2025). Sosyal medya kullanımının yaygınlaşması, bireylerin haber almada ve paylaşmada sanal mecraları tercih etmeleri, sosyal medya platformlarını dezenformasyon faaliyetleri için elverişli ortamlar haline getirmektedir. İnternetin mekân ve zaman sınırlamalarını ortadan kaldırarak bilgiye erişimi kolaylaştırdığı belirtilmekle birlikte, sosyal medyanın yaygınlaşmasıyla birlikte algoritmalar ve homojen kullanıcı etkileşimleri, bireylerin maruz kaldığı içerik çeşitliliğini azaltmakta; bu durum, kullanıcıların yalnızca kendi görüşlerini pekiştiren içeriklerle etkileşime girdiği bir dijital yankı döngüsünü doğurmaktadır (Hazar vd., 2023, s. 121).

Siyasi kutuplaşma daha merkezi, ılımlı konumlardan uzaklaşan, ideolojik uçlara doğru giden siyasi değerleri ve tutumları ifade etmektedir. Sansasyonel haberlerle reytinglerini artırma peşinde koşan kitle iletişim araçları, gerçeklerden ziyade yarı gerçeklerin ve siyasi görüşlere dayalı yalan haberlerin paylaşıldığı sosyal medya platformları, toplumlardaki siyasi kutuplaşmaları derinleştirmektedir. Yanlış veya çarpıtılmış bilgilerin yayılması, tartışmaların gerçekler yerine duygulara dayalı kişisel saldırılara dönüşmesi, paylaşılan içeriklerin doğruluğunu sorgulayacak bir editörün bulunmaması gibi nedenlerle sosyal medyadaki yalan/yanlış bilgiler saniyeler içerisinde dünyaya yayılmakta, siyasi kutuplaşmaları artırmakta ve dünya çapındaki demokrasileri tehdit etmektedir. Siyasi aktivizm, seçim politikaları, grup içi önyargılar, kitle iletişim araçları ve sosyal medya platformları siyasi kutuplaşmaya aracılık eden başlıca unsurlardır (Churcher, 2025).

1.2. Sosyal Medya Dezenformasyonları ve Siyasi Kutuplaşma İlişkisi

Kutuplaşma farklı uçlardaki tercihlere işaret etmekte olup yaşam tarzı, siyasi görüş, dini ve etnik köken gibi alanlarda belirginleşmektedir (Bilgiç vd., 2014, s. 165). Demokrasi, çok sesli bir toplumu karakterize ettiğinden toplumsal kutuplaşmaların demokratik toplumların özelliği olduğu söylenebilir. Ancak demokrasinin doğasındaki çok seslilik bir görüşe, inanca ya da ideolojiye aşırı bağlılık ve sadakate dönüştüğünde, demokrasinin işleyişine zarar verir hale gelmektedir. Konuya ilişkin tartışmalarda, kutuplaşmanın çoğulculuğu beslemek yerine, ortak değerlerin ve bağların sorgulanması üzerinden toplumları siyasal ve sosyal yönlerden kutuplaştırdığına işaret edilmektedir (EFUS, 2019).

Farklı dini, etnik, ideolojik siyasi inançlara sahip bireylerin oluşturduğu topluluklarda, farklılıkların şiddeti, toplumsal kutuplaşmaları artırmaktadır (Yurttaş, 2022, s. 62-66). Özellikle siyasi partilerin, baskı gruplarının ve sivil toplum kuruluşlarının (STK) kullandıkları ayrıştırıcı dil ve başvurdukları propaganda teknikleri kutuplaşmaları derinleştirmektedir. İnternet teknolojisi ve sanal mecralar, kutuplaşmış kitleler içerisindeki bireylerin birbirleriyle iletişim kurma ve örgütlenme ihtiyaçlarına cevap vermektedir. İnternetin günlük hayattaki kullanımının artmasıyla, yüz yüze iletişim yerini, sosyal medya platformları üzerinden gerçekleştirilen sanal iletişime bırakmaya başlamıştır. Sosyal medyanın özellikle gençlerin birincil haber ve iletişim kaynağı haline geldiği ifade edilmektedir. Geleneksel medya kanallarını kullanan edilgen bireylerin aksine, sosyal medya platformlarını kullananlar içerik üreten, paylaşan ve geri bildirimler alan etkin bireyledir (Ölçekçi, 2020, ss. 147-151; Çöteli, 2015, s. 61).

Sosyal medya platformlarının, dünya görüşleri benzer bireylerin fikirlerini özgürce paylaşabildikleri, sanal mecralar olarak demokrasinin gelişimine katkıda bulundukları iddialarının aksine, toplumları kutuplaştırıcı etkilerinin daha öne çıktığı ifade edilmektedir (Yıldırım ve Balkaroğlu, 2023, s. 17). Özellikle seçim dönemlerinde ile doğal afet, savaş, pandemi gibi olağanüstü dönemlerde sosyal medya platformlarının kutuplaştırıcı etkisi artmaktadır. Bu dönemlerde sosyal medya platformlarının kullanıcıları, yalan/yanlış yoğun bir bilgi bombardımanına tutulmakta, hedefe konulan hükümet, kurumlar ve yöneticilerine karşı duyulan güven sarsılmaktadır (Özgür, 2020, s. 12). Kitleleri manipüle etmede oldukça elverişli bir araç haline gelen sosyal medya, karşılıklı etkileşime dayanan yapıyla dezenformasyonun üretilip, yayılması için de kullanışlı bir ortam sunmaktadır.

Sosyal medya üzerinden dezenformasyon yaratmada “bot hesaplar, algoritmalar, deep fake” uygulamaları öne çıkmaktadır (Avşar, 2024, s. 37-38). Literatürde sosyal medya dezenformasyonları ile siyasi kutuplaşma ve bu iki kavram arasındaki ilişkilere ışık tutan çalışmalar bulunmaktadır.

Pew Research Center Raporunda (2014, p. 6-7), Amerika’daki siyasi kutuplaşmanın boyutlarını ortaya koymak üzere “artan ideolojik tekdüzelik ve partizan antipatisinin politikayı, uzlaşmayı ve günlük hayatı nasıl etkilediği” sorusuna cevap aramak amacıyla, on bin yetişkinle bir anket çalışması yapılmıştır. Araştırma sonucunda Cumhuriyetçiler ve Demokratlar arasındaki ideolojik bölünmüşlük ve partizan antipatisinin son yirmi bir yılda çok arttığı, ideolojik görüşlerin daha partizan hale geldiği ve sonuçta iki parti arasındaki ideolojik örtüşmenin oldukça azaldığı belirlenmiştir.

Tucker vd. (2018, pp. 4, 54-63), “sosyal medya, siyasi kutuplaşma ve dezenformasyon” arasındaki ilişkileri ortaya koymaya yönelik yaptıkları derleme çalışmalarında, bu üç kavram arasındaki ilişkileri altı başlık altında incelemişlerdir. Büyük veri setleri, ağ yaklaşımları ve deneysel yaklaşımlarla gerçekleştirilen araştırmaların, bu üç kavram arasındaki ilişkileri göstermekte yetersiz kaldıkları sonucuna ulaşmışlardır. Erkan ve Ayhan (2018, ss. 214-220), Türkiye’de 2018 erken seçim kararı sonrası, sosyal medyada yer alan dezenformasyon haberlerini teyit.org üzerinden inceleyerek, doğrulama platformlarının dezenformasyonla mücadeledeki rolünü tespit etmeye çalışmışlardır. İncelenen haber içeriklerinin %70’nin yalan içerikli olduğunu belirlemişlerdir. Sosyal medya üzerinden gerçekleştirilen siyasi dezenformasyonla mücadele için dijital medya okuryazarlığının geliştirilmesini, sosyal medya kullanıcılarına özdenetim imkânı tanınmasını, yasal mevzuatın güçlendirilmesini ve bireylerin dezenformasyon konusunda bilgilendirilmesini önermişlerdir. Subaşıoğlu ve Kara (2018, ss. 183-188), Türkiye basınındaki Suriyeli göçmenlere ilişkin haberlerin, siyasi kutuplaştırma amacı taşıyıp taşımadıklarını araştırmışlardır. Konuyla ilgili internet sitelerinde en fazla habere yer veren 4 gazeteyi örnek olarak incelemişlerdir. AB ile Türkiye arasında 2013’te imzalanan Geri Kabul Anlaşması kapsamında, 2013-2018 yılları arasında yazılı basında yer alan Suriyeli göçmenlerle ilgili haberleri “*ekonomik, siyasi, etnik ve dini*” temaları altında analiz etmişlerdir. Sonuçta, Türkiye basınında Suriyeli göçmenlere ilişkin söylemlerin, toplumsal düzeyde siyasi kutuplaşmayı derinleştiren bir araç olarak kullanıldığını ortaya koymuşlardır.

Howard vd. (2019, pp. 3-6, 39-41), Rusya İnternet Araştırma Servisi’nin (IRA) 2012-2018 yılları arasında Twitter, Instagram, Facebook gibi büyük sosyal medya platformlarında manipülatif haberler yayarak, Amerikan vatandaşlarını ve seçmenlerini nasıl yönlendirdiğini ve kutuplaştırdığını ortaya koymaya çalışmışlardır. Sosyal medya dezenformasyonlarının uluslararası alanda bir silah olarak kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Kırdemir (2020, ss. 1-25), Türkiye’de dezenformasyon olgusunu incelediği çalışmasında, sosyal medya platformlarında bot ağların ve trol hesapların kullanımının yaygınlığının Türkiye’de siyasi kutuplaşmayı körüklediğini, bunun da iç ve dış güvenlik tehdidi yaratabileceğini öne sürmüştür. Hameleers ve Meer (2020, pp. 230, 245-248), medyada yer alan kutuplaştırıcı haberlere karşı Factcheck vb. doğrulama platformlarının etkinliğini ABD göçmen sorunu ve iklim krizi başlıkları altında 1117 araştırmacıyla gerçekleştirdikleri deneysel çalışmayla ölçmek istemişlerdir. Sonuçta doğrulama platformlarının yalan/yanlış haberlerin neden olduğu kutuplaştırıcı etkiyi azalttıklarını tespit etmişlerdir. Kubin ve Sikorski (2021, pp. 190-199), medyanın siyasi kutuplaşmadaki rolünü inceledikleri çalışmalarında, örneklem dahilindeki 94 makalenin analizi sonucunda; literatürde medyanın siyasi kutuplaştırıcı rolüne ilişkin ilginin arttığını, ancak siyasi kutuplaşmanın tanımına ilişkin ciddi bir eksiklik bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Sonraki çalışmalara ışık tutabilecek noktalara ve medyanın kutuplaştırıcı rolünün nasıl azaltılabileceğine ilişkin önerilerde bulunmuşlardır.

Vasist vd. (2023, pp. 664-680), 177 ülkede yürütülen dezenformasyon kampanyalarını ve nefret söylemlerini içeren veri setlerini analiz ederek, dezenformasyon faaliyetlerinin söz konusu ülkelerde siyasi kutuplaşmayı artırdığını tespit etmişlerdir. Siyasi kutuplaşmaya karşı ülkelerin aldıkları sansür ve medya takip stratejilerinin ise kutuplaşmayı azaltmaktan ziyade daha da körüklediği sonucuna ulaşmışlardır. Teruel-Rodriguez (2023, pp. 2, 6-10), dezenformasyon ve siyasi kutuplaşma olgusunu Avrupa basını üzerinden değerlendirmişlerdir. İngiltere, Fransa ve İspanya’da farklı yayın çizgilerine sahip 6 gazetede 2017-2022 yılları arasında yayımlanan, dezenformasyon ve kutuplaşma ifadelerini içeren 286 farklı haberi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kutuplaşma kavramının en çok siyasi anlamda kullanıldığını, bu tür haberlerin en fazla İspanya basınında yer aldığını tespit etmişlerdir. İngiltere basınında konu daha çok ABD üzerinden ele alınmış, Fransa basınında ise konuya fazla ilgi gösterilmediği anlaşılmıştır. Ayrıca sosyal medyanın dezenformasyon yaratmaktan ziyade, onu yeniden ürettiğini ve yaydı-

ğını tespit ederek, soruna yönelik bazı öneriler sunmuşlardır. Hazar vd. (2023, s. 121), sosyal medya kullanımının ideolojik ve siyasi kutuplaşma üzerindeki etkilerini incelemişler; 770 katılımcıyla yürütülen çevrim içi anket çalışmasında, bireylerin farklı siyasi ve ideolojik görüşlere sahip kullanıcılarla etkileşim kurmaktan kaçındıklarını tespit etmişlerdir. Araştırma, filtre balonlarının etkisiyle kullanıcıların benzer görüşteki içeriklere yöneldiğini ve bu yönelimin, bireylerin alternatif düşüncelere bilinçli biçimde mesafe koyarak dijital yankı odalarında kendilerini izole etmelerine yol açtığını ortaya koymuştur. Aydın (2023, ss. 2603-2620), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi sonrasında sosyal medya ortamında yayılan dezenformasyonun kapsamını ortaya koymayı amaçlamıştır. Araştırmada, 6 Şubat–28 Mart 2023 tarihleri arasında teyit.org tarafından incelenen ve afet sürecine ilişkin sosyal medyada dolaşıma giren iddialar içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bulgular, deprem sonrası yayılan haberlerin büyük çoğunluğunun yanlış bilgi içerdiğini; incelenen 110 paylaşımın 98’inin yanlış, 8’inin doğru ve 4’ünün karma nitelikte olduğunu ortaya koymuştur.

Sungar (2024, ss. 113-133), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler sonrası sosyal medyanın geçici koruma statüsündeki Suriyeliler hakkındaki tavrını ortaya koymayı amaçlamıştır. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı’na bağlı DMM’nin deprem sonrası bir aylık dönemde yayımladığı 28 bülten, içerik analizi yöntemiyle ele alınmıştır. Bu bültenlerin 11’inde, geçici koruma statüsündeki Suriyelilere yönelik toplam 16 içerikte doğrulama yapıldığı görülmüştür. Analiz, söz konusu içeriklerin tamamının uydurma haber kategorisinde yer aldığını; politik amaçlarla üretildiğini ve olumsuz temalarla kamuoyunu yanıltma potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur. Bu içeriklerin çoğunlukla siyasetçiler tarafından paylaşıldığı, hükümet ve kamu kurumlarıyla birlikte, toplumsal grupları hedef aldıkları görülmüştür. Serin ve Ünlü (2024, ss. 1-13), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli iki depremin ardından yaşanan dezenformasyon sürecini Twitter’den çektikleri 20 bin tweet’i içerik analizle çözümleyerek incelemişlerdir. Büyük bir felaket sonrası başlatılan dezenformasyonun devlet tarafından engellenememesinin, insanları korkuya ve paniğe sürüklediğini, endişelerin artmasına, zamanın, ekipmanların ve işgücünün gereksiz yere kullanılmasına yol açtığını belirlemişlerdir. Paylaşımların dezenformatif niteliğinin ortaya konmasına rağmen X platformu kullanımındaki artışın sürdüğünü; bunun, bireylerin geleneksel medya ve resmi kaynaklara duydukları sınırlı güvenle ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Turan Eroğlu (2025, ss. 1050-1051), dezenformasyon kavramı bağlamında

sosyal medya araçları vasıtasıyla yayılan yanlış bilginin kaynağını, yanlış bilgi ve nefret söylemi farklarını ve yanlış bilginin yayılmasını önlemeye yönelik çözümleri araştırmıştır. Yanlış bilgi türlerinin, kullanıcılar tarafından doğru olduğu varsayılarak yaygın biçimde paylaşıldığını, dezenformasyonun kurumları, bireyleri ve toplumu zayıflatma amacı taşıdığını, toplumda kasıtlı olarak yayılan yalan/ yanlış bilgilerin manipülatif özelliklerinin kullanıcılara ekonomik, kültürel ve fiziksel zararlar verdiği sonucuna ulaşmıştır. Kaplan (2025, s. 182), İsrail-Filistin çatışması bağlamında sosyal medyada yayılan dezenformasyon örneklerini ve bu içeriklerin yayılma dinamiklerini analiz etmiştir. Çalışma kapsamında, 7 Ekim 2023’te başlayan Akse Tufanı Operasyonu sonrasında sosyal medyada doluşıma giren 250 paylaşım, Anadolu Ajansı Teyit Hattı’nın doğruluk kontrolleri temel alınarak içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları, dezenformasyonun ağırlıklı olarak sosyal medya kaynaklı olduğunu ve X platformunun bu yayılım sürecinde belirleyici bir konumda yer aldığını göstermiştir. Kaplan, dezenformasyonun çatışma bağlamında algı yönetimi açısından kritik bir araç haline geldiğini ve yapay zekâ teknolojilerinin bu alandaki mücadelede stratejik katkılar sunabileceğini ileri sürmektedir.

Sosyal medya dezenformasyonları ile siyasi kutuplaşma arasındaki ilişkileri vurgulayan çalışmalar değerlendirildiğinde, sosyal medya platformlarından yayılan dezenformasyonlarla toplumların siyasi kutuplaştırılması girişimlerinin ulusal birliği ve milli güvenliği tehdit ettiğı anlaşılmıştır. Çok seslilik, düşünce ve ifade özgürlüğü, demokrasi gibi masum kavramlar arkasına sığınarak, sosyal medyada başlatılan dezenformasyonlar ortak değerlerin ve inançların sorgulanmasına, toplumun siyasi yönden fazlaca ayrışmasına yol açmaktadır. Dezenformasyon faaliyetleri hükümete, kurumlara, yetkililere ve devlete güveni ortadan kaldırmaya yöneliktir. Özellikle savaş, afet, ekonomik ve siyasi kriz gibi milli birlik ve beraberliğe daha fazla ihtiyaç duyulan dönemlerde siyasi parti liderleri ve partizan kitlelerin hükümeti, kurumları ve devleti hedef alarak sosyal medya üzerinden yaydıkları dezenformasyona neden olan içerikleri ifade özgürlüğü kapsamında değerlendirmek mümkün değildir. İnternet teknolojisindeki ve sosyal medya platformlarındaki gelişmeler, bu platformların merkezlerinin başka ülkelerde olması devletler tarafından dezenformasyona karşı alınan idari ve yasal düzenlemeleri çoğu zaman etkisiz kılmaktadır. Dezenformasyon yayan sosyal medya platformlarına erişim engeli getirilmesi de teknolojik imkanlar nedeniyle çoğu zaman beklenen etkiyi göstermemekte, hatta çoğu kez tepkilere yol açmaktadır.

2. YÖNTEM

Araştırmanın amacı, Türkiye’de sosyal medya dezenformasyonlarının, siyasi kutuplaştırıcı rolünün belirlenmesidir. Bu bağlamda, dezenformasyon haberlerine yönelik olumsuz yorumlarda a) Hedef alınan gruplar kimlerdir? b) Yorum yapanların yönelimleri nedir? c) Yorumların söylem tarzı nasıldır? sorularına cevap aranmıştır.

İnternet ve bilişim teknolojileri alanlarındaki gelişmeler dünyada ve Türkiye’de sosyal medya kullanıcılarının sayısını artırmıştır. Sosyal medya, kullanıcılarına haberleşme ve fikir alışverişi konularında imkanlar sunmakla birlikte, dezenformasyonların hızla yayılmasına yol açarak toplumları dini, etnik, siyasi ve sosyal yönlerden kutuplaştırma tehlikesini bünyesinde taşımaktadır. Dezenformasyonun, uluslararası alanda da milli güvenlik tehdidi olarak görülmesi nedeniyle, devletler kurumsal ve yasal düzenlemeler yoluna gitmişlerdir. Bu bağlamda Türkiye’de sosyal medya dezenformasyonlarının siyasi kutuplaştırıcı rolünün belirlenmesi önem arz etmektedir.

Araştırma, ülke gündeminde yer alan haberlerle ilgili Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı DMM tarafından, yalan/yanlış olduğu ilan edilen haberler ile bu haberlere ilişkin X Platformu’nda yapılan olumsuz yorumları kapsamaktadır. Ancak araştırmada nitel bir yaklaşımla, sınırlı sayıda veri üzerinde derinlemesine inceleme yapılması düşünüldüğünden, araştırma Türkiye’de “10.04.2025-10.06.2025” tarihleri arasında, “ülke gündeminde yer alan dezenformasyon haberleri ve bunlara ilişkin olumsuz yorumlar” ile sınırlandırılmıştır. Bu çerçevede, söz konusu dönemde Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı DMM tarafından dezenformasyon içerdiği ilan edilen 20 habere ilişkin, X Platformu kullanıcılarınca yapılan 616 olumsuz yorumla araştırma sınırlandırılmıştır.

Haber Başlıkları		Yorum Sayısı
1	İBB’ye yönelik yolsuzluk soruşturmasıyla ilgili bazı basın yayın organlarında yer alan, “Cumhurbaşkanı Erdoğan bir yargı mensubunu arayıp, “hani dosyanız çok güçlüydü” dedi iddiaları	37
2	Ekrem İmamoğlu’nun diplomasını iptal eden komisyon, iş hukuku alanında çalışan bir iktisatçı, bir onkoloji uzmanı ve bir konservatuvar hocasından oluşuyor” iddiası	32

3	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı Murat Kurum ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu’nun “Kanal İstanbul Projesi hakkındaki açıklamalarının birbiriyle çeliştiği” yönündeki iddialar	44
4	Bazı basın yayın organlarında yer alan “CHP’nin otobüs şoförüne, 23 Nisan’da milletvekillerini 1. Meclis’e götürdüğü için tutuklama talep edildi iddiası	43
5	Bazı basın yayın organlarında, kimi devlet yetkilileri ve siyasetçileri kapsayan “kaset ve şantaj” iddiaları	42
6	Bazı sosyal medya hesaplarında paylaşılan “Türkiye, Netanyahu’nun uçağı için hava sahasını açtı” iddiası	40
7	TSK’dan ihraç edilen teğmenlerle ilgili Bakanlık savunmasında geçen “ajan” ifadesinin çarpıtılması	13
8	Milli Eğitim Bakanı Yusuf Tekin’in “Artık çocuklarımız bilgiye çok kolay erişiyor. Bilgiye erişmek için okula gelmelerine gerek yok” sözlerinin bağlamından koparılarak servis edilmesi	13
9	“CHP’nin Düzcüde düzenlediği mitinge katılımın düşmesi için sahte saldırı ihbarları yapıldı” iddiası	36
10	Bazı basın yayın organlarında yer alan ve sosyal medya hesaplarından paylaşılan “İçişleri Bakanlığı ilçelere kaymakam yerine vali atamak için çalışmalar başlattı” iddiası	14
11	“Mersin Limanı’na yanaşan Liberya bandıralı ‘VELA’ isimli konteyner gemisi, İsrail Askeri Sanayii için çelik taşıyordu” iddiası	44
12	Bir Youtube kanalında Cumhurbaşkanı Erdoğan’ın sağlık durumuna ilişkin yapılan asılsız iddialar	22
13	Sosyal medyada paylaşılan bazı fotoğraflarla ilgili “İstanbul’daki depreme ABD gemisi neden oldu” şeklindeki iddialar	35
14	Bazı sosyal medya hesaplarından paylaşılan “AFAD, büyük deprem beklediği için tüm personeli acil koduyla İstanbul’a çağırdı” iddiası	18

15	Bazı basın yayın organlarında yer alan “AFAD’da İBB’siz deprem toplantısı yaptılar” iddiası	41
16	Bazı basın yayın organlarında yer alan “Türkiye’nin İsrail ile ticareti devam ediyor” ve “2024 yılında Türkiye’den İsrail’e 2,8 milyar dolarlık ihracat yapıldı” iddiaları	46
17	2B arazilerinden kaynaklanan mağduriyetin giderilmesi amacıyla yapılacak düzenleme hakkında ortaya atılan “insan eliyle ormansızlaştırılan alanları satmaya hazırlanan iktidar, kaçak yapıları yasallık kazandırmış olacak” iddiası	24
18	Hazine ve Maliye Bakanı Mehmet Şimşek’in yabancı yatırımcılara “İBB’ye yönelik yolsuzluk operasyonlarının yapılacağını Şubat ayından beri bilindiğini söylediği” iddiası	35
19	Bazı sosyal medya hesaplarında paylaşılan “Ülkemizde planlı sezaryenin yasaklandığı” iddiası	33
20	Bazı basın yayın organlarında yer alan “Bilkent Şehir Hastanesi Kadın Doğum Polikliniği’ne giden bir kadın hastanın tedavisi, ‘evli olmadığı’ gerekçesiyle yapılmadı” iddiası	4

Tablo 2. Dezenformasyon Haber Başlıkları ve Olumsuz Yorum Sayıları

Kaynak: DMM’nin internet sayfasındaki “10.04.2025-10.06.2025” tarihleri arasındaki haberlerden derlenmiştir (bkz. <https://x.com/dmmiletisim>).

Araştırma, nitel araştırma yöntemleri kapsamında örnek olay deseni temelinde yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım, belirli bir olguya ilişkin derinlemesine kavrayış geliştirmek amacıyla bir ya da birden fazla olay veya kişi üzerinden yürütülen analiz sürecini ifade etmektedir (Güler vd., 2015, s. 301). Örnek olay deseninde çalışılan her dönem, durum, kişi, kurum, olay vb. örnek olay ögesi kabul edilmektedir. Çalışılan örnek sayısına göre, tekli veya çoklu örnek olay araştırmaları yapılmaktadır. Bu araştırmada, “10.04.2025-10.06.2025” tarihleri arası dönem *örnek olay ögesi* olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın veri toplama sürecinde doküman incelemesi yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, araştırma konusu ya da olgusuna ilişkin bilgi barındıran yazılı materyallerin sistematik biçimde analiz edilmesini kapsamaktadır (Yıldırım ve Şimşek 2016, s. 189). Doküman incelemesinde araştırma konusuna ilişkin yazılı ve görsel belgelerin incelenerek yorumlanması söz konusudur (Kıral, 2020,

s. 173). “10.04.2025-10.06.2025” tarihleri arasında Cumhurbaşkanlığı İletişim Merkezi DMM tarafından doğrusu verilerek düzeltilen 20 haber Microsoft Word ortamında kaydedilerek, dokümanlar analize hazır hale getirilmiştir. Belirlenen 20 habere ilişkin, söz konusu tarihler arasında X Platformu’nda yapılan 616 olumsuz paylaşım da aynı yolla analize hazır hale getirilmiştir. Sosyal medya ayağında X Platformu’nun tercih edilme nedenleri, Türkiye’de 20,7 milyon kullanıcıyla en çok kullanılan beşinci sosyal medya platformu olması, bireyler arası etkileşimin yüksek düzeyde gerçekleşmesi ve ülke gündemine dair haberlerin yoğun şekilde paylaşılmasıdır (Günyol, 2024). Derinlemesine veri toplayabilmek adına sadece DMM’nin X hesabında yapılan yorumlar baz alınmamış, dezenformasyon haberlerine ait anahtar kelimeler aranarak farklı sayfalarda yer alan yorumlara da ulaşılmıştır. Araştırma verileri, içerik analizi tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemde benzer nitelikteki veriler temalar ve alt temalar doğrultusunda sınıflandırılmakta; ardından, okuyucunun kavrayışını kolaylaştıracak biçimde sayısal verilere dönüştürülerek görselleştirilmekte ve yorumlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek 2016, s. 242). Yapılan işlem aslında tanımlama, ortaya koyma, gösterme yani konuyu aydınlatmaya yarayan kategorize etmedir (Bilgin, 2014, s. 2). Bu kapsamda araştırmada “3 tema ve 12 alt tema” belirlenmiştir (bkz. Şekil 1). Temaların birbirleriyle ve alt temalarla ilişkilerinin görselleştirilmesinde, nitel analizlerde sıkça tercih edilen Maxqda Programı’ndan yararlanılmıştır.

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenilirliği sağlamada “*inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlılık ve teyit edilebilirlik*” kriterlerine bakılmaktadır (Güler vd, 2015, ss. 376-401; Yıldırım ve Şimşek 2016, ss. 277-283). Araştırmanın *inandırıcılığını* sağlamak için, araştırmaya konu dezenformasyon haberlerinin, Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı DMM tarafından ilan edilen ve herkesçe ulaşılacak haberlerden seçilmesine, Türkiye’deki sosyal, siyasi ve ekonomik hayata ilişkin güncel konuları kapsamasına özen gösterilmiştir. *Aktarılabilirliği* sağlamak için araştırmanın veri toplama yöntemi, analiz tekniği, verilerin nereden ve nasıl temin edildiği, nasıl kategorize edildikleri detaylı şekilde anlatılmıştır. *Tutarlılığı* sağlamak için, olumsuz ifadeler içeren benzer yorumların aynı temalar altında toplanmasına özen gösterilmiştir. Belirlenen tema ve alt temalar, araştırmalarında nitel analiz kullanan diğer birkaç araştırmacıyla paylaşılarak, bunlara ilişkin görüş ve önerileri alınmıştır. *Teyit edilebilirliği* sağlamak için ise araştırma kapsamındaki dezenformasyon haberlerinin bulunduğu internet adresi ve olumsuz yorumların yer aldığı internet adresleri kaynakçada paylaşılmıştır.

3. BULGULAR

Bulgularda, Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı DMM tarafından dezenformasyon içerdiği belirtilen haberlere yönelik yapılan, olumsuz yorumların tematik analizi sunulmuştur. İlk olarak Şekil 1’de araştırma kapsamında incelenen dezenformasyon haberlerinin başlıklarına ve toplanan olumsuz yorum içerikli tweet sayısına yer verilmiştir. Araştırma konusu haber başlıklarında yer alan anahtar kelimeler X Platformu arama motoruna yazılarak (örn; #velagemisi) gibi konuya ilişkin farklı kullanıcı yorumlarına da ulaşılmıştır. Maxqda Programı kullanılarak yapılan kodlama işlemi sonrasında, olumsuz yorumlardaki ifadelerin 3 tema ve 12 alt tema halinde kategorize edilebileceğine karar verilmiştir. Kod Matrisi Tarayıcısı, Kod-Alt Kod Bölümler modelleri kullanılarak kodların birbirleriyle ilişkileri görselleştirilmiş ve açıklanmıştır.

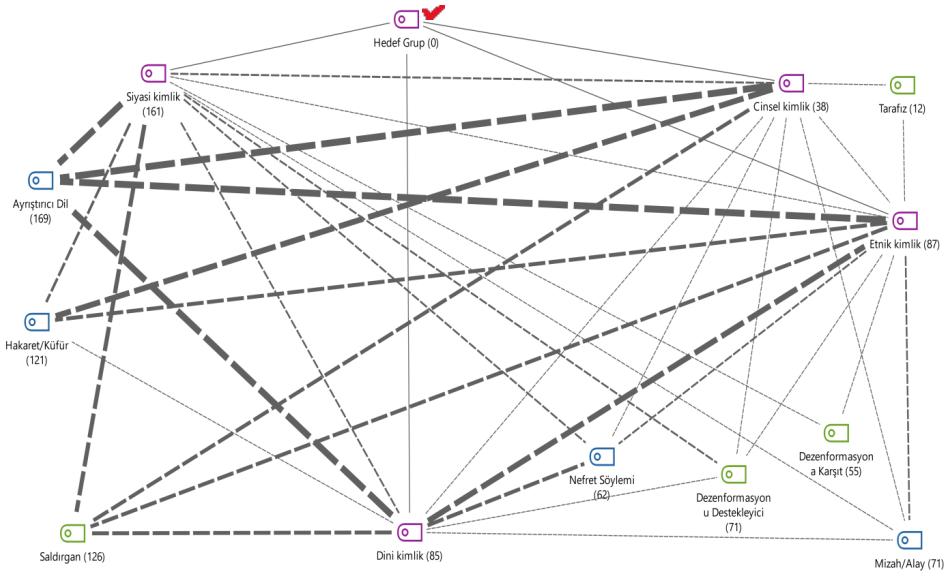
Kod Sistemi	DEZENFORMASYON	TOPLAM
▼ Hedef Grup		0
Cinsel kimlik	•	38
Siyasi kimlik	●	161
Dini kimlik	•	85
Etnik kimlik	•	87
▼ Yönelim		0
Saldırgan	●	126
Taraflı	•	12
Dezenformasyona Karşıt	•	55
Dezenformasyonu Destekleyici	•	71
▼ Söylem		0
Nefret Söyleni	•	62
Mizah/Alay	•	71
Ayrıştırıcı Dil	●	169
Hakaret/Küfür	•	121
Σ TOPLAM	1058	1058

Şekil 1. Kod Matrisi Tarayıcısı

Şekil 1’de, “Kod Sistemi” sütununda araştırmacılar tarafından belirlenen kodlar ve alt kodlar yer almaktadır. Hedef Grup teması için “mor”, Yönelim teması için “yeşil”, Söylem teması için “mavi” renk kullanılmıştır. Dezenformasyon sütununda, alt temalara yapılan kodlamaların yoğunluğunun şekilsel gösterimi yer almaktadır. Yuvarlak şekiller ne kadar kırmızı ve büyükse o kadar çok kodlama

yapılmıştır. Toplam sütununda ise, kodların frekansları yer almaktadır. Haberlere ilişkin olumsuz yorumlarda, hedef alınan kesimler için “Hedef Grup”, yorumların duygu/tutum yönelimi için “Yönelim”, yorumlardaki söylem tarzı için de “Söylem” temaları uygun görülmüştür. Hedef Grup teması; “cinsel, siyasi, dini ve etnik kimlik”, Yönelim teması; “saldırgan, tarafsız, dezenformasyona karşıt ve dezenformasyonu destekleyici”, Söylem teması ise “nefret söylemi, mizah/alay, ayrıştırıcı dil ve hakaret/küfür” alt temalarına ayrılmıştır. 616 tweet üzerinde toplam 1058 kodlama yapılmıştır. Dezenformasyon haberlerine ilişkin olumsuz yorumlarda sırasıyla “siyasi 161, etnik 87, dini 85, cinsel 38” kimliklerin hedef alındığı görülmektedir. Olumsuz yorumların “Yönelim”inin baskın biçimde saldırı 126 ve dezenformasyonu destekleyici 71 nitelikte, “Söylem” tarzının ise ayrıştırıcı dil kullanan 169 ve hakaret/küfür 121 içeren bir yapıda olduğu anlaşılmaktadır.

Aşağıda “Hedef Grup, Yönelim ve Söylem” temalarının alt temaları ve birbirleriyle ilişkilerini gösteren “kod-alt kod bölümler” modellerine yer verilmiştir. Modellerdeki düz çizgiler her temanın alt temaları ile arasındaki ilişkileri, kesikli çizgiler alt temaların birbirleriyle ilişkilerini göstermektedir. Çizgilerin kalınlığı veya inceliği aradaki ilişkinin gücünü göstermektedir. Çizgiler ne kadar kalınsa aradaki ilişkiler o kadar güçlüdür.



Şekil 2. “Hedef Grup” teması için Kod-Alt kod Bölümler Modeli

Şekil 2’te, Hedef Grup teması için hazırlanan modelde, dezenformasyon haberlerine yapılan olumsuz yorumlarda sırayla siyasi 161, etnik 87, dini 85 ve cinsel 38 kimliklerin hedef alındığı görülmektedir. Siyasi kimliği hedef alan olumsuz yorumlar “saldırgan yönelimli-126” olup, etnik 87, dini 85 ve cinsel 38 kimliklere yöneliktir. Olumsuz yorumlardaki söylem tarzı ayrıştırmacı dil 169, hakaret/küfür 121 ve nefret söylemi 62 içermektedir. Ayrıştırmacı dil sırayla etnik, dini ve cinsel, hakaret/küfür sırayla cinsel, etnik ve dini, nefret söylemi ise sırayla dini, siyasi, etnik ve cinsel kimlikler üzerine yoğunlaşmaktadır.

“bu yalanlara inanan aptal bir sürü var herhalde”, “bu yalanlara sadece tuvalet terliğine oy verenler inanır”, “kendi kitlenin IQ seviyesini gösterir!” ayrıştırmacı dil.

“vicdansızlar, ahlak yoksunları, karakersiz, beceriksiz” küfür hakaret.

“Algıcı paralı bu trole inanan gördükçe ümitlerim tükeniyor bu ülke için”, “....Pavyon bekçisi olabilir mesela”, “Troller diyor ki “bilerek okulun ismini yanlış yazmış.” Yani “Kabzımal Lisesi”ni bitirip üniversiteye girişte “Galatasaray Lisesi” mezunuyum yazıyorsunuz. Üniversite de “he ok o zaman” mı diyor? Trol kafası!”, “İkisi dövüşürse bence sağdaki kazanır” nefret söylemi.

“Avrupalılar”, “Araplar”, “Türk” etnik kimlik.

“gavur”, “rahip”, “cemaatçi”, “yahudi” dini kimlik.

Recep Tayyip Erdoğan, İmamoğlu, Hitler, CHP, AKP, Özgür Özel, Reis” siyasi kimlik.

adam, kadın, abla, lgbt, kız, karı, erkek” cinsel kimlik.

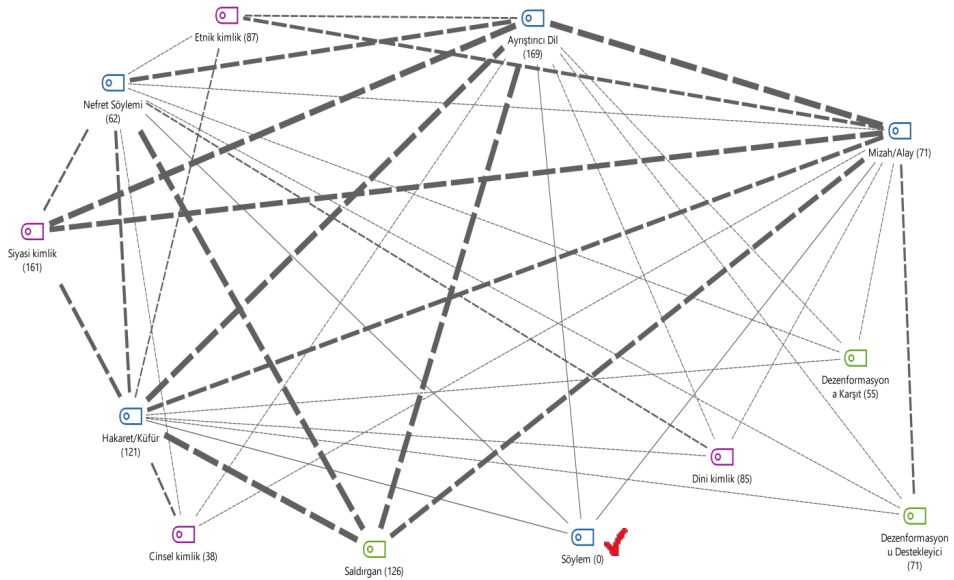
Şekil 3'te, Yönelim teması için hazırlanan modelde, olumsuz yorumların yöneliminin sırayla saldırgan 126, dezenformasyonu destekleyici 71, dezenformasyona karşıt 55 ve tarafsız 12 olduğu görülmektedir. Saldırgan yönelimli olumsuz yorumların sırayla “siyasi, etnik, dini ve cinsel” kimlikleri hedef aldığı anlaşılmaktadır. Yine saldırgan yönelimli olumsuz yorumlarda sırayla “ayrıştırıcı dil, hakaret/küfür, mizah/alay ve nefret söylemi”nin kullanıldığı belirlenmiştir. Dezenformasyon haberlerine inanmayan ve tarafsız yönelimlerin diğer temalarla ilişkisi oldukça zayıf gözükmektedir. Dezenformasyonu destekleyen yorumların mizah ve alayla arasındaki ilişkinin güçlü olması, ironi ve hicvin manipülatif amaçlarla kullanılabileceğini göstermektedir.

“Gizli tanıklarla, yalancı şahitlerle, oyunla, düzenle anca bu kadar oldu .. Bi de halkın gücünü hesap edemediler...Kumpaslara karnımız tok, İmamoğlu

*ve diğer suçsuz tutukluları serbest bırakın,...Hani yargı bağımsızdı!”
dezenformasyonu destekleyici.*

“Devletimiz yalancılara, iftiracılar algıcılara, sahtekarlar hatta içimizdeki yabancıların operasyonlarına karşı çok merhametli davranıyor galiba,... Usulsüz alınmış bir diploma zaten sahtedir. Bunu iptal etmek için hukukçu olmaya gerek yok” dezenformasyona karşı.

“O halde Cumhurbaşkanının sağlık durumu ile ilgili olarak bir sağlık kurulu düzenli olarak bilgi versin, kimse de böyle bir söylemde bulunamaz. Sorun kökünden çözülmüş olur” tarafsız.



Şekil 4. “Söylem” teması için Kod-Alt kod Bölümler Modeli

Şekil 4'te Söylem teması için hazırlanan modelde ayrıştırıcı dilin 169, olumsuz yorumlardaki en baskın söylem tarzı olduğu, “siyasi ve etnik” kimlikleri hedef alırken saldırgan 126 tutumla ve nefret söylemiyle birlikte kullanıldığı görülmektedir. Yine hakaret/küfür söylemleri siyasi, etnik ve dini kimliklere yönelik saldırgan tutumun bir parçası olarak karşımıza çıkmaktadır. Mizah/alay içeren söylemlerin sırayla siyasi, etnik, dini ve cinsel kimlikleri hedef aldıkları anlaşılmaktadır.

“Yalanla gündeme gelmek, reklam yapmak... işleri bu...Kim Erdoğan’a saldırdıysa olan kendine oldu, Allah O’nun yolundan gideni yalnız bırakır mı, asla!!!! Çarpıla çarpıla akıllanmadılar!...Bu adamlar eski Fetö-AKP üyesi pirincin içindeki beyaz taştır. Bu, ex olan G. Özbek, Kadir Atalay, Özer Sencar, Ruşen Çakır, Levent Gültekin. Hepsi Fetö-AKP üyesi...” ayrıştırıcı dil.

“İnananlara çok acil bir köprü satışı yapabilirim eşim boğaz köprüsü sorumlusu..., Deprem sonrası arazilerde rant planlaması konuşuluyor herhalde..., Filistine üzülüp israil ile tam gaz ticaret yapmak gibi. Faizsiz ekonomi özlemim var o zaman faizi yüzde 46 dan 49 a çıkarıyorum...” mizah/alay.

“Yalan söyleyeni adalet önünde silkelerseniz ikinciye cesaret edebilirler mi... Amerika defolup gitsin. Yada biz defedelim ne ki buya...Bu tip olaylarda operasyon evlatları ortaya çıkar. Sorun bunlara inanan zekasızların yalanı yaymaları...” saldırgan.

SONUÇ

Türkiye’de sosyal medya dezenformasyonlarının, siyasi kutuplaştırıcı rolünün belirlenmesini amaçlayan bu araştırmada ilk olarak “dezenformasyon haberlerine yönelik olumsuz yorumlarda hedef alınan gruplar kimlerdir?” sorusuna cevap aranmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde sırayla “*siyasi, etnik, dini ve cinsel*” kimliklerin olumsuz yorumlarda hedef alındıkları anlaşılmıştır. Etnik ve dini kimlikler, siyasi kimliğin oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye gündeminde belli bir süre yer alan ve dezenformasyon olduğu ilan edilen haberlere ilişkin olumsuz yorumlarda siyasi, etnik ve dini kimlikler üzerinden tartışmaların yürütülüyor olması, toplumda siyasi kutuplaşmanın ciddi boyutlara ulaştığını göstermektedir. İkinci olarak, “dezenformasyon haberlerine yönelik olumsuz yorum yapanların yönelimleri nedir?” sorusuna cevap aranmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde, olumsuz yorumların yöneliminin sırayla “*saldırgan, dezenformasyonu destekleyici, dezenformasyona karşıt ve tarafsız*” olduğu görülmüştür. Saldırgan yönelimli olumsuz yorumların siyasi, etnik, dini ve cinsel kimlikleri hedef almaları yine toplumdaki siyasi kutuplaşmaya işaret etmektedir. Dezenformasyonlara tarafsız yaklaşan yorumlar ise sınırlıdır. Dezenformasyonu destekleyen yorumlarda mizah/alay unsurlarına sıkça yer verilmesi ironi ve hicvin manipülatif amaçlarla kullanılabileceğini göstermektedir. Üçüncü olarak, “dezenformasyon haberlerine yönelik olumsuz yorumların söylem tarzı nasıldır?” sorusuna cevap aranmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde *ayrıştırıcı dilin* temel söylem tarzı olduğu, siyasi ve etnik kimliklerin saldırgan bir tutumla ve *nefret söylemiyle* birlikte hedef alındıkları anlaşılmıştır.

Literatürde, kutuplaşmanın siyasi görüş, dini ve etnik köken gibi alanlarda belirginleştiğine değinilmiştir. Araştırma bulguları bu görüşü destekler niteliktedir. Dezenformasyon haberlerine ilişkin X Platformu’nda yapılan olumsuz yorumların sırayla “*siyasi görüş, etnik köken, dini inanç ve cinsiyeti*” hedef aldıkları görülmüştür. Literatürde, demokrasinin çok sesli bir toplumu karakterize ettiği ve toplumsal kutuplaşmanın demokratik toplumların özelliği olduğu, bununla birlikte kutuplaşmanın bir görüşe, inanca, ideolojiye aşırı bağlılık ve sadakate dönüştüğünde demokrasiye zarar verebileceği ifade edilmiştir. Bulgularda, olumsuz yorum yapanların sempati duydukları siyasi parti ve lider adlarını çekinmeden kullandıkları, liderlerin ve takip ettikleri medya kuruluşlarının iddialarını tekrarladıkları, karşı görüştekileri küçümsedikleri, ihanetle suçladıkları, cezalandırmakla tehdit ettikleri görülmüştür. Yine olumsuz yorumlardaki genel yönelim

bariz bir şekilde saldırgan, söylem tarzı ise baskın biçimde ayrıştırıcı, nefret, hakaret/küfür, alay unsurlarını barındırmaktadır. Dolayısıyla X Platformu örneğinde, Türkiye’de sosyal medyanın farklı görüşlerin özgürce ifade edildiği, karşılıklı saygı, anlayış ve hoşgörüye dayalı demokratik bir ortam olduğunu söylemek mümkün değildir. Bir davaya, görüşe, ideolojiye aşırı bağlı kitlelerin siyasi, etnik, dini değerler üzerinden birbirlerine saldırmaları, alay, hakaret/küfür, nefret içeren bir söylem tarzı geliştirmeleri toplumsal bütünlüğe ve demokratik toplum ilkesine zarar vermektedir.

Seçim dönemleri, doğal afet, savaş ve pandemi dönemlerinde sosyal medya dezenformasyonlarının arttığı ifade edilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen ve dezenformasyon olduğu belirtilen haberlerin iç siyaset, Türkiye-İsrail ilişkileri ve deprem ile ilgili olması bu görüşü desteklemektedir (bkz. Tablo 2). Konuya ilişkin yapılan akademik çalışmalarda, sosyal medya çağında yetişen gençlerin birincil bilgi ve haber kaynaklarının sosyal medya olduğu, buna karşın sosyal medya haber içeriklerinin büyük oranda dezenformasyon içerdiği belirtilmiştir. Bulgularımız, dezenformasyon içeren haberlere ilişkin yapılan olumsuz yorumlarda dahi tarafların yalan/yanlış bilgiyi savunduklarını göstermektedir. Bu durum tek bilgi ve haber kaynağı internet ve sosyal medya olan, araştırma, okuma ve sorgulama zahmetine girmeyen kitlelerin, sosyal medya dezenformasyonlarıyla devlet aleyhine yönlendirilebileceklerini göstermektedir. Yine siyasi kutuplaşmaya karşı hükümetlerin aldıkları sansür ve medya takip stratejilerinin kutuplaşmayı azaltmaktan ziyade daha da körüklediği belirtilmiştir. Bulgularımız bu görüşü de destekler niteliktedir. Cumhurbaşkanlığı DMM tarafından, dezenformasyon olduğu belirtilen haberlerle ilgili sosyal medyada yapılan olumsuz yorumlar, tarafların resmî açıklamalardan haberdar olmadıklarını ya da bunlara inanmadıklarını göstermektedir.

Araştırmanın nitel örnek olay araştırması şeklinde tasarlanması nedeniyle sınırlı sayıdaki veri üzerinden (20 haber başlığı) analizlerin yapılması, araştırma bulgularının genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte nitel araştırmalar felsefeleri gereği sonuçları genelleme ihtiyacı duymazlar. Sınırlı sayıda örneğin derinlemesine incelenmesiyle durumlar, olaylar veya olgular arasındaki gerçekler ortaya konmaya çalışılır. Araştırma kapsamında “10.04.2025-10.06.2025” tarihleri arası dönemde yapılan dezenformasyon haberlerine ilişkin X Platformu’ndaki olumsuz yorumların “siyasi, etnik, dini ve cinsel” kimlikleri hedef aldığı, “saldırgan, dezenformasyonu destekleyici ya da karşı çıkan” yöne-

limde olduğu, “ayrıştırıcı dil, hakaret/küfür, alay ve nefret” içeren bir söylem tarzına sahip olduğu belirlenmiştir. *Hedef grup, yönelim ve söylem* temaları çerçevesinde şekillendirilen araştırmanın daha geniş bir zaman aralığını ve X Platformu dışındaki diğer sosyal medya platformlarını da kapsayacak şekilde genişletilerek tekrarlanması potansiyeli bulunmaktadır. Aynı zamanda “*hedef grup, yönelim ve söylem*” temaları çerçevesinde geliştirilecek bir siyasi kutuplaşma ölçeği ile daha geniş bir kitleye ulaşılarak sonuçları genellenebilir bir çalışma yapılması da mümkündür. Araştırma sonuçlarının, başta Cumhurbaşkanlığı DMM ve İçişleri Bakanlığı’nın güvenlikle ilgili birimlerine sosyal medya dezenformasyonlarıyla mücadele için geliştirecekleri politikalarda yol gösterici olması beklenmektedir. Aynı zamanda sosyal medya, dezenformasyon, siyasi kutuplaşma gibi konularda nicel veya nitel çalışmalar yürüten lisansüstü öğrencilerine ve akademisyenlere araştırmalarında yararlanabilecekleri veriler sunmaktadır.

Sonuçta, bilişim, iletişim ve internet teknolojilerindeki gelişmeler, sosyal medya kullanımını yaygınlaştırmıştır. İletişim araçlarına sahip olan herkes, internet aracılığıyla sosyal medya platformlarına erişebilmektedir. Haberlerin, editörler veya yayın yönetmenlerince belli bir kontrolden geçirilerek sunulduğu gazete, kitap ve televizyon döneminin aksine, sosyal medya döneminde, dezenformasyon kontrolsüz biçimde ve hızla yayılmaktadır. Filtre balonları, sosyal medya kullanıcılarını kendileriyle aynı içerikleri takip eden odalara hapsedmekte, bireyler üretilen dezenformasyonlar üzerinden, diğer görüştekilere karşı duydukları kini, nefreti ve öfkeyi paylaşmaktadır. Düşüncelerin özgürce ifade edilmesi, demokratik düzenin vazgeçilmez bir unsurudur. Ancak ortaya atılan düşüncelerin toplumun siyasi, etnik, dini temellerini hedef alması, saldırgan bir yönelimle ve söyleminin ayrıştırıcı, alay, hakaret/küfür ve nefret unsurlarını içermesi demokrasi bağlamında değerlendirilemez. Sorunun çözümü için Cumhurbaşkanlığı DMM, İçişleri Bakanlığı, Millî Eğitim Bakanlığı ve üniversitelerin medya okuryazarlığı konusunda toplumu bilgilendirici ve eğitici faaliyetlerde bulunmaları; sosyal medyada dezenformasyon yayarak, toplumun “*siyasi, etnik ve dini*” temellerine zarar verenlere karşı hukuki ve idari düzenlemelerin yapılması önerimizdir. Milli Şairimiz Mehmet Akif Ersoy’un Safahat 2-Süleymânîye Kürsüsünde adlı eserinde ifade ettiği üzere “*Girmeden tefrika bir millete, düşman giremez; Toplu vurdukça yürekler, onu top sindiremez*” konuya ilişkin son sözüdür.

KAYNAKÇA

Avşar, B. (2024). “Siyasal Alanda Dijital Dezenformasyonun Rolü ve Etkileri”. Gülsünler, M.E., Kosa, G. Ve Avşar, B. (ed.) içinde *Dijital Çağın Karanlık Yüzü Teknoloji, Siyaset ve Güvenlikte Dezenformasyon* (37-59). Gazi Kitabevi: Ankara

Aydın, F. A. (2023). “Sosyal Medyada Dezenformasyon ve Manipülasyon: 2023 Kahramanmaraş Depremi Örneği”, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 12 (5), 2603-2624. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1283358>

Bayraklı, E., Ş. Filiz (2020). Avrupa Birliği’nin Yalan Haber ve Dezenformasyonla Mücadele Stratejisi, SETA/ANALİZ, Sayı 327. <https://www.setav.org/assets/uploads/2020/07/A327.pdf>

Bilgiç, M.S., Koydemir, F. S. ve Akyürek, S. (2014). “Türkiye’de Kimlikler Arası Kutuplaşmanın Sosyal Mesafe Üzerinden Ölçümü ve Toplumsal Güvenliğe Etkisi”. *Bilgi Strateji Dergisi*, 6(11): 163-205. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/43432>

Bilgin, N. (2014). *Sosyal Bilimlerde İçerik Analizi Teknikler ve Örnek Çalışmalar*, 3. Baskı, Ankara: Siyasal Kitabevi.

Bundesregierung, (2025). “What is Disinformation?”. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/datenschutzhinweis/disinformation-definition-1911048> (Erişim Tarihi: 20.05.2025)

Churcher, K. (2025). Political Polarization. <https://www.ebsco.com/research-starters/political-science/political-polarization> , (Erişim Tarihi: 21.09.2025).

Çöteli, S. (2015). “Sosyal Medyanın Yeni Tür Kamusal Alan Yaratması Ve Toplumsal Hareketlere Katkıları: Taksim Gezi Parkı Olayları Örneği”. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Radyo, Televizyon ve Sinema Anabilim Dalı. Yayınlanmamış doktora tezi.

Demir, M. (2024). “Dezenformasyon Kavramı Bağlamında Türkiye’de Yapılan Yasal Düzenlemeler Üzerine Bir İnceleme”. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Radyo, Sinema ve Televizyon Anabilim Dalı. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

Dijital 2025: Küresel Genel Bakış Raporu, <https://datareportal.com/reports/digital-2025-global-overview-report> , (Erişim Tarihi: 25.06.2025).

Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi Raporu, (1-28). <https://edam.org.tr/wp-content/uploads/2023/03/Dijital-Okur-Yazarlik.-TR.pdf> (Erişim Tarihi: 17.06.2025).

Erken, G. ve Ayhan, A. (2018). “Siyasal İletişimde Dezenformasyon ve Sosyal Medya: Bir Doğrulama Platformu Olarak Teyit.Org.”. Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi, (AKİL) Kasım, 30: 201-223. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/565835>

EU APAD (2018). European Commission Action Plan Against Disinformation. https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/action_plan_against_disinformation.pdf (Erişim Tarihi: 20.06.2025)

EFUS European Forum for Urban Security (2019). “What is polarisation and how to respond at the local level?”. <https://efus.eu/topics/radicalisation-polarisation-en/what-is-polarisation-and-how-to-respond-at-the-local-level/> (Erişim Tarihi: 20.06.2025)

Güler, A., Halıcıoğlu, M. B. Ve Taşgın, S. (2015). “Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma”. Seçkin Yayıncılık: Ankara.

Gülsünler, M.E., Tufan Yeniçıktı, N. ve Tarakcı, H.N. (2024). “Dezenformasyon Kavramına Genel Bir Bakış”. Gülsünler, M.E., Kosa, G. Ve Avşar, B. (ed.) içinde Dijital Çağın Karanlık Yüzü Teknoloji, Siyaset ve Güvenlikte Dezenformasyon (1-37). Gazi Kitabevi: Ankara.

Günyol, A. (2024). “Dünya nüfusunun yüzde 62’si sosyal medya kullanıyor”. Anadolu Ajansı Haberi, <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/dunya-nufusunun-yuzde-62si-sosyal-medya-kullaniyor/3261985> (Erişim Tarihi: 20.06.2025)

Hameleers, M., & Van Der Meer, T. G. L. A. (2020). “Misinformation and Polarization in a High-Choice Media Environment: How Effective Are Political Fact-Checkers?” *Communication Research*, 47(2): 227-250. <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/0093650218819671>

Hazar, Ç.M., Cengiz, M.F., Avcı, Ö. (2023). “Sosyal Medyada İdeolojik ve Siyasi Kutuplaşma Üzerine Nicel Bir Araştırma”. *Middle Black Sea Journal of Communication Studies*, 8(2): 121-144. <https://doi.org/10.56202/mbjsjcs.1320468>

Howard, P.N., Ganesh, B., Liotsiou, D., Kelly, J. ve François, C. (2019). “The IRA, Social Media and Political Polarization in the United States, 2012-2018”. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=senatedocs>

Kaplan, İ. (2025). Sosyal Medya ve Dezenformasyon: İsrail’in Gazze Saldırıları Örneği. *TRT Akademi*, 10(23), 182-207. <https://doi.org/10.37679/trta.1559858>.

Karakelle, B. M. (2024). “Dezenformasyonun Türk Ceza Hukuku Ve Uluslararası Hukuk Sistemleri Çerçevesinde Değerlendirilmesi”. *Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilişim ve Teknoloji Hukuku Anabilim Dalı*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

Kıral, B. (2020). “Nitel Bir Veri Analizi Yöntemi Olarak Doküman Analizi”. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Vol: 15, 170-189. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1156348>

Kırdemir, B. (2020). “Türkiye’nin Dezenformasyon Ekosistemi Genel Bakış”. *Siber Politikalar ve Dijital Demokrasi* 2020/04: 1-31. <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep26095.pdf>

Kleijssen, J. (2019). “Countering disinformation with smart standards: The Council of Europe perspective”. https://www.shrmonitor.org/tackling-disinformation-council-of-europe-perspective/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw47i_BhBTEiwAaJfPpgdKiR1iexn17f9MY2GtMtsFPCm31SbVB-Gc5Z7XaD-1foPsPfgflhRoC-0kQAvD_BwE (Erişim Tarihi: 18.05.2025).

Kubin, E. ve Sikorski, C. (2021). “The Role of (Social) Media in Political Polarization: A Systematic Review”. *Annals of the International Communication Association*, 45(3): 188–206. <https://academic.oup.com/anncom/article/45/3/188/7912664>

Ölçekçi, H. (2020). “Dijital İletişim ve Küresel Kültürel Etkileşimin Homojenleşme, Kutuplaşma ve Melezleşme Süreçleri”. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi*, Sayı: 50, 146-163. https://dergipark.org.tr/en/pub/ikad/issue/56157/738842#article_cite

Özgür, Ö. F. (2024). “Algı Yönetimi Bağlamında X Platformunun Dezenformasyonla Mücadelede Bir Araç Olarak Kullanımı: Dezenformasyonla Mü-

cadele Merkezi Örneği”. İletişim ve Diplomasi, Sayı: 13, 5-27. <https://doi.org/10.54722/iletisimvediplomasi.1566703>

Özkervancı, N. (2020). “ABD Karşı Propaganda Yasası Ve Türkiye’de Uygulanabilirliği”. Polis Akademisi Güvenlik Bilimleri Enstitüsü Suç Araştırmaları Anabilim Dalı. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

PRC Pew Research Center (2014). Political Polarization in the American Public, <https://www.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/4/2014/06/6-12-2014-Political-Polarization-Release.pdf#page=7.11> (Erişim Tarihi: 19.07.2025).

Serin, E. ve Ünlü, S. (2024). Sosyal Medya Çağının Salgını Bilgi Dezenformasyonu: Twitter Üzerinden 6 Şubat Kahramanmaraş Depremi Hakkında Bir Değerlendirme. *İletişim ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1-16. <https://doi.org/10.59534/jcss.1333439>.

Subaşıoğlu, D. ve Kara, M. (2028). “Türkiye’de Yazılı Basın Aracılığıyla Suriyeli Göçmenler Vakasının Toplumun Kutuplaştırılmasında Siyasi Bir Araç Hali Dönüştürülmesi”. B. Bacak, Ö. Topkaya, A. Kıray ve M.Ç. Tuna (ed.) içinde 15-17 Kasım 2018 IX. Uluslararası Sivil Toplum Kuruluşları Kongresi, Göç ve Toplum Bildiri Tam Metin E Kitabı (183-199), <https://cdn.comu.edu.tr/cms/ngo/files/4-stktammetinrev431aralikaaaa.pdf>.

Sungar, İ. Ayşe (2024). “Suriyeli Sığınmacılara Karşı Dezenformasyon: Dezenformasyonla Mücadele Merkezi Deprem Bültenleri”, İstanbul Arel Üniversitesi İletişim Çalışmaları Dergisi, 13(26), 113-138. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4144951>

Starmans, B.J. (2017). “10 Examples of Fake News from History”. <https://www.thesocialhistorian.com/fake-news/> (Erişim Tarihi: 18.05.2025).

Şahin, Z. B. (2023). “Dezenformasyonla Mücadelede İfade Özgürlüğü: İçeriğin Korunması ve 29. Madde”. Yeni Medya Dergisi, Sayı: 15, 282-299. <https://doi.org/10.55609/yenimedya.1339504>

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (2025), Sosyal Medya Kullanımı Artıyor, <https://www.uab.gov.tr/haberler/sosyal-medya-kullanimi-artiyor> , (Erişim Tarihi: 25.06.2025).

Teruel-Rodríguez, L. (2023). “Increasing political polarization with disinformation: A comparative analysis of the European quality press”. Profesional de la

información, 32(6), 1-15. <https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/87355>

Tosun, Ali (2025). “Z Kuşağı Bireylerin Sosyal Medya Kullanımı ve Siyasal Katılım/Tutumları Üzerine Bir İnceleme”. *Yönetim Bilimleri Dergisi* 23(56), 841-867. <https://doi.org/10.35408/comuybd.1570638>

Tucker, J.A., Guess, A., Barbera, P., Vaccari, C., Siegel, A., Sanovich, S., Stukal, D. ve Nyhan, B. (2018). “Social Media, Political Polarization, and Political Disinformation: A Review of the Scientific Literature”. Hewlett Foundation, (1-95). <https://www.hewlett.org/wp-content/uploads/2018/03/Social-Media-Political-Polarization-and-Political-Disinformation-Literature-Review.pdf> (Erişim Tarihi: 17.06. 2025).

Turan, C. (2015). “Açıklığın Yanılsaması: Dezenformasyon Çağımızın Kitle İmha Silahı mı?” 17. Akademik Bilişim Konferansı, 4-6 Şubat 2015, Eskişehir (109-115). <https://ab.org.tr/kitap/ab15.pdf>

Turan Eroğlu, D. (2025). “Yeni Medya Çağında Sosyal Medya ve Dezenformasyon İlişkisi”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(2):1045-1053. <https://doi.org/10.17755/esosder.1578419>.

Uygun, R. (2024). “Dijital Çağda Dezenformasyonun Yasal Denetimi ve Dünya Örneklerinin Analizi”. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Halkla İlişkiler ve Tanıtım Anabilim Dalı. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi.

Vasist P.N., Chatterjee D. ve Krishnan S. (2023). “The Polarizing Impact of Political Disinformation and Hate Speech: A Cross-country Configurational Narrative”. *Springer Nature*, No: 26, 663-688. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-023-10390-w>

Wardle, C. ve Derakhshan, H. (2017). “INFORMATION DISORDER: Toward an interdisciplinary framework for research and policy making”. Council of Europe. (F-67075 Strasbourg Cedex, October 2017). <https://edoc.coe.int/en/media/7495-information-disorder-toward-an-interdisciplinary-framework-for-research-and-policy-making.html> (Erişim Tarihi: 15.09.2025).

Yıldırım, A., Balkaroğlu, B. (2023). “Türkiye’de Dijital Okuryazarlık: Ekonomik, Güvenlik ve Dezenformatik Hususlara İlişkin Perspektifler”. *Ekonomi*

ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi. <https://edam.org.tr/wp-content/uploads/2023/03/Dijital-Okur-Yazarlik.-TR.pdf> (Erişim Tarihi: 15.09.2025)

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayıncılık: Ankara.

Yurttaş, S. (2022). “Post Modern Dönemde Gruplar Arası İlişkiler Üst İç Gruplar”. Gazi Kitabevi: Ankara.

2022 tarih ve 7418 sayılı Basın Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (RG: 18/10/2022: 31987).

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/datenschutzhinweis/disinformation-definition-1911048> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

<https://www.iletisim.gov.tr/turkce/dezenformasyon-bulteni> (Erişim Tarihi: 21.06.2025)

<https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/> (Erişim Tarihi: 14.02.2026).

Avrupa Birliği Yapay Zekâ Düzenlemelerinde Kamu Otoritelerinin Rollerini

Aysu Müge Yeşil Yılmaz¹

Gönderilme Tarihi: 30 Kasım 2025

Kabul Tarihi: 22 Nisan 2026

Atıf | Citation: Yeşil Yılmaz, A. M. (2026). Avrupa Birliği yapay zekâ düzenlemelerinde kamu otoritelerinin rolleri. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4 (1). 33-66 <https://doi.org/10.66643/btk.dergi.1832991>

Review Article / İnceleme Makalesi

ÖZET

Bu makale, Avrupa Birliği (AB) Yapay Zekâ Yasası (AI Act, 2024), Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı (AI Continent Action Plan, 2025) ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi (Apply AI Strategy, 2025) üzerinden AB'nin güncel yapay zekâ politikasının nasıl biçimlendiğini ve bu çerçevede kamu otoritelerine yüklenen rolleri analiz etmektedir.

Bu kapsamda çalışmada, üç aşamalı bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme sürecinde, Yapay Zekâ Yasası'nın düzenleme rolüyle, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nın "dijital egemenlik" ve "küresel liderlik" vizyonunu yansıtan stratejik rolüyle, Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi'nin ise somut eylemler tanımlayan uygulama rolüyle öne çıktığı görülmektedir. Üç aşamalı bu analiz, AB yapay zekâ politikasının hukuki, stratejik ve uygulama düzeylerindeki mimarisini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında bu düzenlemeler esas alınarak kamu otoritelerine yüklenen roller anlamında bir rol sınıflandırması yapılmıştır. Bu rol sınıflandırması, yapay zekâ alanında kamu otoritelerine yüklenen somut yönetim rollerini ortaya çıkarmaktadır.

Söz konusu düzenlemeler birlikte değerlendirildiğinde, AB'nin bağlayıcı, stratejik ve uygulamaya dönük bütüncül bir yapay zekâ politikası tasarladığı görülmektedir. Öte yandan bu düzenlemeler, AB üye devletlerindeki kamu otoritelerine AB düzeyinde, ulusal düzeyde ve sektörel düzeylerde yeni yetki ve sorumluluklar tanımlayarak kamu otoritelerinin rollerini çok katmanlı bir yönetim yapısı içinde yeniden tanımlamakta ve genişletmektedir.

Anahtar kelimeler: *Yapay zekâ, AB Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi, kamu otoriteleri.*

¹ Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset ve Sosyal Bilimler Anabilim Dalı, Ankara, yesilaysu@gmail.com, ORCID: 0009-0002-1472-5574

Roles of Public Authorities in the European Union's Artificial Intelligence Regulations

ABSTRACT

This article analyzes how the European Union's contemporary artificial intelligence policy is shaped through three key instruments: the Artificial Intelligence Act (AI Act, 2024), the AI Continent Action Plan (2025), and the Apply AI Strategy (2025), with a particular focus on the roles assigned to public authorities within this regulatory framework.

The study adopts a three-tiered analytical approach. In this framework, the AI Act is examined as the core legal-regulatory instrument, the AI Continent Action Plan as reflecting a strategic vision centered on “digital sovereignty” and “global leadership,” and the Apply AI Strategy as an implementation-oriented instrument defining concrete actions. Together, these three pillars constitute the legal, strategic, and operational architecture of the EU's AI policy. Building on this framework, the article develops a role classification that identifies and systematizes the governance functions assigned to public authorities in the field of artificial intelligence.

The findings suggest that the EU has designed a comprehensive AI policy that integrates binding legal provisions, strategic orientation, and practical implementation mechanisms. At the same time, these instruments redefine and expand the roles of public authorities across EU, national, and sectoral levels, embedding them within a multi-layered governance structure characterized by increased responsibilities and competencies in the regulation and deployment of AI technologies.

Keywords: *Artificial Intelligence, AI Act, AI Continent Action Plan, Apply AI Strategy, public authorities.*

GİRİŞ

Yapay zekâ, 21. yüzyılın en dönüştürücü güçlerinden biri olarak endüstrileri, ekonomileri, devletleri ve toplumları görülmemiş bir hızda yeniden şekillendirmektedir (OECD, 2025, s.19). Mevcut üretim biçimlerini kökten dönüştürecek kadar yıkıcı ve küresel rekabet anlamında dengeleri değiştirebilecek kadar etkili bir teknoloji olan yapay zekâ son yıllarda siyaset ve iş dünyasının gündeminin en üst sırasına yükselmiştir. Bir zamanlar büyük ölçüde akademik bir uğraş olan yapay zekâ, bugün trilyonlarca dolarlık bir çıkarın söz konusu olduğu bir endüstriye dönüşmüş durumdadır (IEA, 2025, s.3).

Yapay zekânın ekonomik büyümeyi destekleme, kamu hizmetlerini iyileştirme ve bilimsel araştırmaları ilerletme potansiyelini fark eden birçok gelişmiş ülke, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını sorumlu, etik ve topluma faydalı bir şekilde desteklemek için ulusal stratejiler geliştirmişlerdir. 2017 yılında yapay zekâ stratejisini yayınlayan ilk ülke olan Kanada'yı takiben beş yıl içinde altmıştan fazla ülke, yapay zekâ ulusal stratejilerini yayınlamıştır. Öte yandan strateji geliştiren ülkelerin yüzde yetmişinden fazlası gelişmiş ülkelerdir (Demaidi, 2023, s.423-424).

Bugün tüm dünyada yapay zekâ teknolojilerini düzenlemeye yönelik çabalar teknolojinin kendi hızına yetişmeye çalışmaktadır. Avrupa Birliği, 2018 yılında başladığı yapay zekâ düzenleme sürecinde, 2024 yılında yayımladığı Yapay Zekâ Yasası ile bağlayıcı bir çerçeve çizmiş, 2025 yılı Nisan ayında yayımladığı Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve yine 2025 yılı Ekim ayında yayımladığı Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi ile stratejik ve uygulamaya dönük düzenlemelerini tamamlayarak bütüncül bir politika belirlemiştir.

Son zamanlarda artan bir şekilde yapay zekâ hakkında araştırmalar yapılmakla birlikte, yapay zekâ politikalarının ve yayımlanan düzenleme belgelerinin kamunun klasik rollerini ne yönde değiştirip dönüştüreceğine dair ilgi sınırlı düzeydedir. Bu bağlamda makalede, AB yapay zekâ düzenlemelerinin kamu otoritelerine hangi rolleri yüklediği, kamu otoritelerinin rollerinde nasıl bir değişim ve dönüşüm oluşturduğu analiz edilmektedir.

Bu makale, AB yapay zekâ politikalarının kamu otoritelerine klasik düzenleme ve piyasa şekillendirme rollerinin ötesinde birtakım roller de yükleyerek faaliyet alanlarını genişlettiğini, bunun da çok katmanlı bir yönetim mimarisi ürettiğini ileri sürmektedir.

Bu anlamda çalışmanın özgün katkısı iki yönlüdür. İlk olarak çalışma, AB'nin yapay zekâ düzenlemelerini kamu otoritelerinin rollerini yeniden tanımlayan bir yönetim tasarımı olarak okumaktadır. İkinci olarak çalışma, Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisini birlikte ele alarak yapay zekâ alanında AB kamu otoritelerinin rollerini sınıflandırmakta ve bu rolleri farklı düzeylerde görünür kılmaktadır.

Makalede, öncelikle yapay zekâ kavramı ve düzenleme ihtiyacına yönelik kısa bir değerlendirme yapılacak, ardından sırasıyla AB Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi analiz edilerek kamu otoritelerine atfedilen roller irdelenecektir.

Bu çalışmada “kamu otoriteleri” kavramı, yapay zekâ alanında düzenleyici, denetleyici, uygulayıcı, yatırımcı ve piyasa aktörü olarak konumlanan tüm AB ve üye devlet kamu kurumlarını kapsayacak şekilde kullanılmaktadır.

Makale, Avrupa Birliği'nin güncel yapay zekâ düzenleme belgelerini, kamu otoritelerinin rolleri üzerinden analitik bir çerçeveye incelemektedir. Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi'nde kamu otoritelerine atfedilen görev, yetki ve sorumlulukların sistematik taranması sonucunda, bu rollerin sekiz ana başlık altında sınıflandırılabilceği ileri sürülmektedir. Buna göre, kamu otoriteleri yapay zekâ yönetiminde; (i) düzenleyici rol (ii) denetim ve piyasa gözetimi, (iii) uygunluk değerlendirme ve sertifikasyon, (iv) AB düzeyinde koordinasyon ve ağ yönetimi, (v) temel hakların gözetimi, (vi) stratejik yatırımcı ve altyapı kurucu rol, (vii) piyasa şekillendirici ve kamu alıcısı rolü, (viii) kamu hizmetlerinde yapay zekâ kullanımını dönüştürücü ve uygulayıcı rol üstlenmektedir. Makalenin devamında bu roller söz konusu üç belge çerçevesinde analiz edilerek, AB yapay zekâ politikasının kamu otoritelerinin kurumsal konumlarını ve işlevlerini dönüştüren bütüncül ve çok katmanlı bir yönetim tasarımı olarak inşa edildiği gösterilmektedir.

Çalışmada, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde belge analizi yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın ampirik zemini, Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi'nden oluşmaktadır. Bu belgeler, AB'nin yapay zekâ politikasını hukuki, stratejik ve uygulamaya dönük düzeylerde yapılandırmaları nedeniyle çalışmanın analitik kapsamı için bilinçli olarak seçilmiştir.

İncelenen her düzenleme belgesinde kamu otoritelerine atfedilen görev, yetki ve sorumluluklar sistematik olarak taranarak rol göstergeleri olarak işaretlenmiştir. Belgelerde işaretlenen alanlar “düzenleme”, “denetim”, “uygunluk”, “koordinasyon”, “temel haklar”, “altyapı”, “kamu alımları” ve “uygulama” gibi kamu faaliyet alanlarını işaret eden anahtar kavramlar esas alınarak tematik olarak sınıflandırılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, kamu otoritelerinin söz konusu düzenlemeler aracılığıyla hangi roller üzerinden ve hangi mekanizmalarla dönüşüme uğradığı analitik olarak ortaya konulmaktadır.

1.YAPAY ZEKÂ VE DÜZENLEME İHTİYACI

1.1.Yapay Zekâ Kavramı

Alan Turing, yetmiş beş yıl önce yayımladığı ünlü makalesinde yapay zekâyı ilgili şunları söylemektedir: “Zekânın ne olduğunu tanımlamaya çalışmak son derece güç bir iş olduğundan, süreçten ziyade sürecin sonucuna odaklanmak daha uygundur. Bir süreç, bir insan tarafından gerçekleştirildiğinde zeki olarak sınıflandırılıyorsa, aynı sürecin bir makine tarafından gerçekleştirildiğinde de zeki olarak sınıflandırılması gerekir”. Dolayısıyla, Turing’e göre yapay zekâ geniş anlamıyla, insanlar tarafından yapıldığında zekâ gerektiren şeyleri bilgisayarların yapmasını sağlamaya yönelik bir bilim dalı olarak tanımlanabilir (Finocchiaro, 2023, s.1961).

Bugün, herkesin üstünde anlaştığı bir tanımlı olmamasına karşın en genel anlamıyla yapay zekâ, makinelere zekâ kazandırmaya adanmış etkinlik (Nilsson, 2010, s.13) olarak, daha detaylı bir anlatımla ise, yüz algılama, ses tanıma, karar verme ve diller arasında çeviri yapma gibi normal olarak algılanan, insan zekâsı gerektiren işler yapabilen bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi ve teorisi olarak (Barrat, 2020, s.15) tanımlanmaktadır.

Yapay zekânın kavramsallaştırma çabalarına çok uluslu organizasyonlar da katkı sunmuşlardır. Uluslararası Standartlar Teşkilatı’na göre yapay zekâ, insan zekâsına özgü olan algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarım yapma ve karar verme gibi yüksek bilişsel fonksiyonları veya otonom davranışları sergilemesi beklenen yapay bir işletim sistemidir (ISO Digital, 2019). AB’ye göre yapay zekâ, insanlar tarafından tasarlanan yazılım ve muhtemelen donanım sistemleridir. Bu sistemler,

karmaşık bir hedef verildiğinde, fiziksel veya dijital boyutta, veri toplama yoluyla çevrelerini algılayarak, toplanan yapılandırılmış veya yapılandırılmamış veriyi yorumlayarak, bu veriden türetilen bilgi üzerinde akıl yürüterek ya da bilgiyi işleyerek ve verilen hedefe ulaşmak için alınacak en uygun eylemlere karar vererek hareket etmektedir (EC, 2019, s.6). Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü ise yapay zekâ sistemlerini, açık veya örtük hedefler doğrultusunda aldığı girdilerden yola çıkarak tahminler, içerikler, öneriler veya fiziksel ya da sanal ortamları etkileyebilecek kararlar gibi çıktılar üretmeyi öğrenen, makine tabanlı sistemler olarak tanımlamaktadır (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2019).

Tüm bu kavramlaştırma çabalarını göz önünde bulundurduğumuzda, yapay zekânın betimlenmesinde iki ortak özellik karşımıza çıkmaktadır: Bunlardan ilki, insan benzeri bilişsel süreçler yürütebilmesi, ikincisi de karar alabilmesidir. İşte bu iki özellik yapay zekâyı diğer teknolojilerden daha farklı, stratejik ve güçlü bir konuma yerleştirmektedir.

1.2.Yapay Zekâda Düzenleme İhtiyacı

Günümüzde birçok ülke, küresel rekabette yapay zekâ gücünden kaynaklanan inovasyon avantajını elde etmek için yarış halindedir. Yapay zekâ ülkelerin rekabet gücünü artırabilecek farklı verimlilik, üretkenlik ve ulusal güvenlik mekanizmaları sunmaktadır. Bu anlamda, yapay zekânın ekonomik kalkınma için önemli bir itici güç teşkil etmesi beklenmektedir. Uluslararası ticaretin en önemli aktörleri olan Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Avrupa Birliği arasında halen süregelen bir küresel yapay zekâ rekabeti söz konusudur. Güncel verilere bakıldığında Amerika Birleşik Devletleri lider konumunu sürdürmekte ancak Çin hızla bu açığı kapatarak 2030 yılına kadar liderliği hedeflemektedir. Avrupa Birliği'nin bu rekabette önemli derecede geri kaldığı görülmektedir. Yapay zekâ alanında devletler arasındaki bu rekabet, ulusal yapay zekâ stratejileri kapsamında teknolojinin daha aktif kullanımını, geliştirilmesini ve gerektiğinde kontrolünü sağlayabilecek hazırlık çalışmalarına da yansımaktadır (Yılmaz vd. 2021, s. 448).

Yapay zekânın, tüm ekonomik üretim süreçleri dönüştürme potansiyeliyle küresel rekabette oyun değiştirici bir güç olarak kabul görmesi (Samsun, 2021, s.27), bu rekabette yer edinmek isteyen aktörler tarafından belirli düzenlemelerin geliştirilmesini zaruri hale getirmektedir.

Öte yandan yapay zekâ teknolojisinin ardında çalışan sistemlerin hangi veri setini kullanarak, hangi algoritmalarla karar verdiğinin belirsiz olması durumu da önemli riskler ortaya çıkarmaktadır. Hatalı bir karar sonucunda sorumluluğun kimde olacağının belirsizliği, karar süreçlerinde tarafsızlık ilkesinin gözetilip gözetilmemesi gibi hususlar konunun hukuki ve etik boyutunun tartışma zeminini oluşturmaktadır (Öztürk, 2019, s.51-53).

Sonuç olarak bir yandan küresel rekabet yarışında yer edinme isteği, diğer yandan hukuk ve etiği gözetme gereksinimi yapay zekâda düzenleme yapma ihtiyacını kaçınılmaz hale getirmektedir.

Dünya Bankası, “Yapay Zekâ Yönetişiminde Küresel Trendler” raporunda yapay zekâya yönelik düzenleme çabalarını dört kategori altında incelemektedir (World Bank (WB), 2024, s.8):

Bunlardan ilki Sektörel Öz Düzenleme olup iş modellerine ve şirket kültürüne entegre edildiği takdirde doğrudan yapay zekâ uygulamalarını etkileyebilmesi, bu düzenleme türünün güçlü tarafı olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan, bağlayıcı olmaması, özellikle sağlık ve finans gibi yüksek riskli sektörlerde kullanımının uygun olmaması ve etik yıkama riski bu düzenleme türünün kısıtlayıcı unsurları olarak belirtilmektedir.

İkinci düzenleme türü olarak Yumuşak Hukuk tanımlanmıştır. Bağlayıcı olmayan uluslararası anlaşmaları, ulusal yapay zekâ ilkelerini ve teknik standartları içeren bu düzenleme türü hak ve sorumluluklardan ziyade üst düzey ilkelere odaklanmaktadır.

Üçüncü düzenleme türü Sert Hukuk ile yapılan düzenlemelerdir. Bu düzenlemeler ile yasal bağlayıcılığı olan standartlar ve düzenlemeler tanımlanmaktadır. Ancak yapay zekânın hızla gelişen bir alan olmasından dolayı kısa sürede güncelliğini yitirme riski ile karşı karşıya olması ve kaynak yoğun (insan kaynağı, finansal kaynak vb) bir süreç gerektirmesi bu düzenleme türünün kısıtlayıcıları olarak tanımlanmaktadır.

Yapay Zekâ yönetiminde sayılan dördüncü düzenleme türü ise Düzenleyici Kum Havuzları’dır. Bu düzenleme ile kontrollü ortamlar yapay zekâ teknolojilerinin gerçek dünya koşullarında test edilmesine imkân tanıyarak kamuya kontrolsüz riskler yüklenmesini engellemektedir. Düzenleyici Kum Havuzları’nın büyük kaynak gereksinimleri ve ölçeklenebilirlikleri sınırlı olup farklı sektörlerle yapılan

geniş kapsamlı yönetim modelleri için her zaman uygulanabilir bir yöntem değildir.

AB'nin hem düzenleme alanındaki öncülüğü hem ulus üstü bir yapı olarak çok sayıda karar verici aktörün katılım ve onay süreçlerinde rol alması, hem de “Brüksel Etkisi”, AB'nin yapay zekâ alanındaki hayata geçirdiği düzenlemelerin daha yakından incelenmesini gerektirmektedir.

1.3. AB Yapay Zekâ Düzenlemelerinin Tarihsel Seyri

Avrupa Birliği'nin yapay zekâ düzenlemeleri, 2010'ların sonunda ABD'nin büyük teknoloji firmalarının hakimiyeti ve Çin'in devlet destekli dev yapay zekâ yatırımlarıyla domine olan küresel rekabet ortamında şekillenmiştir. Avrupa Birliği ise bu süreçte, kendi stratejisini temkinli, etik, insan merkezli ve güvenilir yapay zekâ yaklaşımı doğrultusunda çizmiştir.

Bu kapsamda Avrupa Birliği'nin yapay zekâya ilişkin ilk kapsamlı strateji belgesi Avrupa İçin Yapay Zekâ Belgesi (*Communication on Artificial Intelligence for Europe*), Avrupa Komisyonu tarafından Nisan 2018'de yayımlanmıştır. ABD ve Çin'in hızla artan yatırımları ve özel sektör öncülüğünde şekillenen teknolojik üstünlüğü karşısında Avrupa'nın bilimsel, endüstriyel ve normatif gücünü seferber etme ihtiyacının vurgulandığı belgede üç ana hedef belirlenmiştir: 1. Araştırma, inovasyon ve yatırım kapasitesini arttırmak, 2.Eğitim sistemlerini, işgücü politikalarını ve beceri geliştirme politikalarını modernize etmek 3.Yapay zekânın geliştirilmesi ve kullanımında etik, hukuki ve insan haklarına dayalı bir yönetim çerçevesi oluşturmak (European Commission (EC), 2018).

2018 yılında yayımlanan Güvenilir Yapay Zekâ İçin Etik İlkeler (*Ethics Guidelines for Trustworthy AI*) ise güvenilir yapay zekâyı yasallık, etiklik ve sağlamlık ilkelerine dayalı bir kavram olarak tanımlamıştır (EC, 2019a).

Avrupa Komisyonu tarafından 2020 yılında yayımlanan “Yapay Zekâya İlişkin Beyaz Kitap: Mükemmeliyet ve Güvene Yönelik Avrupa Yaklaşımı” (White Paper on Artificial Intelligence: A European Approach to Excellence and Trust) ile Komisyon, yapay zekânın yaygın biçimde benimsenmesini teşvik etmek ve bu yeni teknolojinin belirli kullanım alanlarıyla ilişkili riskleri ele almak şeklindeki iki hedefine nasıl ulaşılabileceğine ilişkin politika seçeneklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır (EC, 2020a, s.1). Bilimsel atılımları mümkün kılmak, yeni tekno-

lojilerin tüm Avrupalıların hizmetinde olmasını sağlamak amacıyla yayımlanan bu rapor ile birlikte Komisyon, yapay zekânın insani ve etik sonuçlarına ilişkin koordineli bir Avrupa yaklaşımının yanı sıra, inovasyon için büyük verilerin daha iyi kullanımını hedeflediğini duyurmuştur (Samsun, 2021, s.25).

Avrupa Veri Stratejisi (A European strategy for data) ve Dijital Avrupa Programı (Digital Europe Programme) ile özellikle veri paylaşımı, bulut sistemleri ve yüksek performanslı bilişim, yapay zekânın teknik altyapısını destekleyen mekanizmalar olarak devreye alınmıştır (EC, 2020b).

Avrupa Yapay Zekâ Yasası (AI Act) ise 21 Nisan 2021 tarihinde tasarı olarak yayınlanmış, 2024 yılında Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Yasanın getirdiği en önemli yenilik, yapay zekâ uygulamalarını risk temelli bir sınıflandırmaya tabi tutmasıdır.

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı (AI Continent Action Plan), Nisan 2025 tarihinde yayımlanmıştır. Belge, AB'nin yasa ile çizdiği çerçeve içinde stratejik bir vizyon ortaya koymaktadır. Yapay Zekâ alanında küresel liderlik yarışının henüz bitmediğini ve AB'nin bu alandaki iddiasını ortaya koyan planın temel amacı, Avrupa'yı yapay zekâ alanında öncü bir kıta haline getirmektir. Belgede, veri altyapısının geliştirilmesi suretiyle dijital egemenliğin sağlanması konusuna özel bir vurgu yapılmaktadır (EC, 2025a).

Ekim 2025'de yayımlanan Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi (Apply AI Strategy) ise Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nın tamamlayıcısı niteliğinde bir düzenlemedir. Belirlenen stratejik sektörlerde atılacak somut adımları gösteren bir rehber niteliğindedir. Öte yandan Eylem Planı'nın merkezinde yer alan AI-first yaklaşımı ve kamu satın alımlarında tavsiye edilen "Avrupa'dan satın al" yaklaşımı Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nda sözü edilen dijital egemenliği hedefleyen temel yaklaşımlar olarak göze çarpmaktadır (EC, 2025b).

AB, yapay zekâ konusunda 2018 yılından başlayarak 2025 yılı Ekim ayına kadar uzanan bir süreçte devam eden bu aktif düzenleme rolüyle etik ilkelerden beyaz Kitaba, yasadan uygulama belgesine kadar çok sayıda düzenleme belgesini art arda yayımlamıştır.

1.4. AB Yapay Zekâ Düzenlemelerinin Motivasyonu

AB'nin yapay zekâ alanındaki düzenleme telaşının ardında yatan sebepleri tam olarak anlamlandırabilmek için 2024 yılında yayımlanan Draghi Raporu'nun kısa bir değerlendirmesini yapmak gerekli görülmektedir. Draghi Raporu'nda Avrupa'nın sürdürülebilir büyümesini destekleyecek en önemli üç adımdan ilk ve en önemlisinin "özellikle ileri teknolojilerde ABD ve Çin ile arasındaki inovasyon açığını kapatmaya yönelik çabalara odaklanmak" olduğu ifade edilmektedir (EU, 2024, s.6).

Avrupa'nın önceki yüzyılın orta ölçekli teknolojileri ve sanayilerine sıkıştığı tezi ile şekillenen raporda, dünyanın bir yapay zekâ devriminin eşliğinde olduğu bu dönemde, Avrupa'nın yenilikçi potansiyelini açığa çıkarmanın gerektiği, bunun sadece yeni teknolojilerde liderlik için değil, aynı zamanda yapay zekâyı mevcut sanayilere entegre ederek onların da ön saflarda kalmasını sağlamak için kritik önem taşıdığı belirtilmektedir (EU, 2024, s.6). Yani yapay zekâ sadece yenilikçi bir teknoloji olarak değil mevcut sanayilere entegre edilerek onların dönüşümünü gerçekleştirecek ve Avrupa'da sürdürülebilir büyümeye destek verecek en güçlü bileşenin lokomotif olarak görülmektedir.

Sonuç olarak AB yapay zekâ düzenlemelerinin, sadece hak ve etik temelli bir kaygı olarak değil, inovasyon açığını kapatma, ABD-Çin yarışında geri kalmama ve ileri teknoloji sektörlerinde liderlik arayışının bir parçası olarak da okunması gereklidir.

2. AVRUPA BİRLİĞİ YAPAY ZEKÂ YASASI

Yapay zekâ teknolojisinin hızlı gelişimi sürecinde yayımlanan AB Yapay Zekâ Yasası, önemli bir yasal düzenleme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu düzenlemenin başlıca özelliklerinden biri kapsamının genişliğidir. AB Komisyonu, AB Parlamentosu ve Konsey belli bir anlaşma çerçevesinde Yapay Zekâ Yasası'nın çıkması için mutabakata varmışlardır (Benzer, 2025, s.196).

Avrupa Komisyonu tarafından 21 Nisan 2021'de teklif olarak sunulan Yasa, 13 Mart 2024 tarihinde Parlamento oylaması ile kabul edilmiş, 21 Mayıs 2024 tarihinde Avrupa Konseyi tarafından nihai kabulü gerçekleştirilmiştir. 12 Temmuz 2024 tarihinde Avrupa Birliği Resmî Gazetesi'nde yayımlanan Yasa, 1 Ağustos 2024 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Yasanın amacı “Avrupa Birliği içinde yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi, piyasaya arzı, hizmete sunulması ve kullanımı için özellikle tek tip bir yasal çerçeve oluşturarak iç pazarın işleyişini iyileştirmek” olarak belirtilmektedir (EU, 2024a, Recital 1).

2.1. Risk Temelli Yaklaşım

Yasanın en önemli özelliği risk temelli bir sınıflandırma yapmasıdır. Yapay zekânın adaptasyonunda risksiz yapay zekâ diye bir şey olamayacağından (OECD, 2025, s.9) AB Yapay Zekâ Yasası da risk temelli bir yaklaşımla tasarlanmıştır.

Risk temelli yaklaşımın temel kuralı, risk ne kadar yüksekse, kuralların da o kadar katı olmasıdır. AB, yapay zekâ uygulamalarını kabul edilemez riskteki uygulamalar, yüksek riskli uygulamalar, sınırlı riskteki uygulamalar ve minimum riskli uygulamalar olarak sınıflandırmıştır.

İnsan onuru, temel haklar ve kamu güvenliğini korumak amacıyla kabul edilemez riskteki uygulamalar tamamen yasaklanmaktadır. Vatandaşların karar verme yetisini zayıflatan manipülatif veya aldatıcı sistemler, yaş, engellilik ya da sosyoekonomik durum gibi durumları istismar eden uygulamalar ve bireyleri sosyal davranışlarına göre değerlendiren sosyal puanlama sistemleri yasaklanan uygulamalardır. Sadece profil bilgilerine dayanarak suç işleme olasılığını tahmin eden sistemler, internetten rastgele yüz verisi toplayarak biyometrik veri tabanları oluşturan uygulamalar, iş yeri ve eğitim ortamlarında duygu tanıma sistemleri ile biyometrik verilerden ırk, dini inanç veya cinsel yönelim gibi hassas bilgileri çıkaran teknolojiler de yasak kapsamındadır (EU, 2024a, Art. 5).

Yapay Zekâ Yasası’nda, sağlık, güvenlik ve temel haklar üzerinde ciddi etki yaratma potansiyeli taşıyan yapay zekâ kullanım alanları yüksek riskli olarak tanımlanmıştır. Bu alanlar kritik altyapı güvenliği, eğitimde fırsat eşitliğini etkileyen sistemler, sağlık ve ürün güvenliğine ilişkin teknolojiler, istihdam ve çalışan yönetimi süreçleri, temel kamusal ve özel hizmetlere erişimi belirleyen algoritmalar, biyometrik tanıma ve duygu analizi uygulamaları, kolluk faaliyetlerinde kullanılan delil değerlendirme sistemleri, göç ve sınır yönetimi otomasyonları ile yargı ve adli süreçlerde karar destek amacıyla kullanılan yapay zekâ sistemlerini kapsamaktadır (EU, 2024a, Art. 6).

Sınırlı risk düzeyindeki yapay zekâ sistemleri, kullanımı esnasında şeffaflık

yükümlülüğünün gerekli görüldüğü sistemleri kapsamaktadır. Yapay Zekâ Yasası, bu sistemlerde kullanıcıların yapay zekâ ile etkileşimde bulunduklarının açık biçimde bilgilendirilmesini hukuki bir zorunluluk haline getirmiştir (EU, 2024A, Art. 50).

Yapay Zekâ Yasası, asgari ya da hiç risk taşımadığı değerlendirilen yapay zekâ sistemleri için yeni bir kural getirmemektedir. AB’de şu anda kullanılan yapay zekâ sistemlerinin büyük çoğunluğu bu kategoriye girmektedir. Bu kapsam, yapay zekâ destekli video oyunları veya spam filtreleri gibi uygulamaları içermektedir. Komisyon, bunların esas olarak gönüllü davranış kurallarıyla düzenlenmesini önermektedir (Edwards, 2022, s.15).

Yasanın beşinci bölümünde genel amaçlı yapay zekâ modelleri (GPAI) ve “sistemik risk taşıyan” modeller düzenlenmektedir. Buna göre üretken yapay zekâ sistemlerinin sağlayıcılarının, sistem tarafından oluşturulan içeriklerin tanımlanabilir olmasını ve insan üretimi içerikten ayırt edilebilir şekilde sunulmasını temin etmesi gerekmektedir. Özellikle kamu yararına bilgi sunan veya manipülasyon riski taşıyan deepfake nitelikli içeriklerin açık biçimde etiketlenmesi de bu kapsamda düzenlenmiştir (EU, 2024a, Art. 50-52).

Yapay Zekâ Yasası, risk temelli tasarımından dolayı esnek olmayan bir düzenleme olduğu şeklinde eleştirilere konu olmuştur. Risk yönetimine dayalı modelin, özellikle küçük işletmeler üzerinde ağır bir uyum yükü oluşturduğu, kapsamlı belge, sertifika ve işaretleme yükümlülüklerinin küçük şirketlerde inovasyonu engelleme riski taşıdığı ve bu bağlamda teşvik edilen inovatif süreçle bir gerilim oluşturduğu da bir başka eleştiri konusudur (Finocchiaro, 2024, s. 1966).

2.2. Yönetişim ve Uygulama

Yapay Zekâ Yasası’nın yönetim başlıklı yedinci bölümü, AB yapay zekâ düzenleme mimarisinin kurumsal omurgasını oluşturarak AB düzeyinde koordinasyon, uzmanlık ve gözetim ihtiyacının nasıl örgütleneceğini ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır.

Bu kapsamda, Komisyon bünyesinde bir Yapay Zekâ Ofisi kurulmakta, AB çapında teknik uzmanlık, denetim desteği, rehberlik ve koordinasyon görevleri bu ofise verilmekte, üye devletler de bu ofisin çalışmalarını kolaylaştırmakla yükümlü tutulmaktadır.

Yasanın tutarlı ve etkili uygulanmasını sağlamak üzere danışma, yönlendirme ve uyumlaştırmayla görevli bir Avrupa Yapay Zekâ Kurulu oluşturulmaktadır. Bu Kurulda, her üye devletten bir temsilci bulunmaktadır. Kurul, piyasa gözetimi, bildirim süreçleri, kum havuzu uygulamaları, uyumlaştırılmış standartlar, genel amaçlı modellerin denetlenmesi, ciddi olay raporlarının değerlendirilmesi ve AB genelindeki uygulama farklılıklarının giderilmesi gibi kritik alanlarda Komisyon'a ve ulusal otoritelere tavsiye ve ortak uygulama ilkeleri sağlamakla görevlendirilmiştir.

Akademi, sivil toplum, KOBİ'ler ve sanayi temsilcilerinden oluşan geniş bir paydaş grubunun uzmanlığının sürece dâhil edilmesi için de bir Danışma Forumu tasarlanmıştır.

Bağımsız bilim insanlarından oluşan Bilimsel Panel ise, özellikle genel amaçlı modellerin risk değerlendirmesi, sınıflandırılması ve teknik analizlerinde Yapay Zekâ Ofisi'ne bilimsel destek sunmakla görevlendirilmektedir.

Üye Devletlerde gerekli yetkilerle donatılmış ulusal yetkili otoritelerin, bildirim ve piyasa gözetimi görevlerini bağımsızlık, tarafsızlık, yeterli kaynak ve uzmanlık esaslarına göre yerine getirmesi zorunlu kılınmakta ve bu otoriteler arasında AB düzeyindeki koordinasyon mekanizmaları da tanımlanmaktadır (EU, 2024a, Art. 64-70).

Yasanın uygulanması için öngörülen yönetim yapısı da bazı yönlerden eleştirilmiştir. Bu eleştirilerin en önemlisi, öngörülen yönetim mekanizmalarında eşit temsil sağlanmadığı takdirde güçlü paydaşların süreci ele geçirme riskinin bulunmasıdır. Bu eşitsizlik riskinin pratikte büyük şirketlere alan açarak öz düzenleme benzeri bir etki üretebileceği, normatif katılım iddiasının ise kamu denetimini zayıflatabileceği hususu bu eleştirilerin en başta gelenidir (Cancela-Outeda, 2024, s.9).

2.3. Yapay Zekâ Yasası'nda Kamu Otoritelerine Atanan Roller

Düzenleme Rolü: Yapay Zekâ Yasası'nın, üye devlet kamu otoritelerine atadığı en önemli rol düzenleme rolüdür. Yasanın kapsamı, kamu otoritelerini yapay zekâ sistemleri geliştirmeleri veya kamu hizmeti sunarken kullanmaları halinde doğrudan yasa yükümlülüklerine tabi kılmakta, böylece kamu otoriteleri düzenlemenin bağlayıcı tarafı olmaktadır (EU, 2024a, Art. 2).

Üye devletler, düzenlemenin ulusal düzeyde uygulanmasını sağlamak üzere gerekli idari ve hukuki düzenlemeleri gerçekleştirmekle yükümlü tutulmaktadır. Bu kapsamda her üye devlet, ulusal düzeyde yetkili otorite olarak tanımlanan piyasa gözetim otoritesi ve bildirim otoritesini belirlemekle sorumlu tutulmaktadır (EU, 2024a, Art.70).

Yasada, kamu otoritelerinin yüksek riskli sistemlerin tasarımı, kullanımı ve gözetimi konusunda ayrıntılı kurallar öngörülmekte, düzenleme yapmaları gerekli kılınmaktadır (EU, 2024a, Art. 6-Art. 22, Art. 24).

Yasanın uygulanması sürecinde, üye devletlerin ve düzenleyici kurumların, yenilik ve güvenlik arasında denge kurmak, uluslararası iş birliği sağlamak, farklı toplumsal riskleri ele almak gibi ağır bir düzenleme yüküyle karşı karşıya kalması hususu eleştirilmektedir (Butt, 2024, s.7358).

Standartlar konusu da düzenleme anlamında yasaya yönelik eleştiri alanlarından birini oluşturmaktadır. Yasanın coğrafi kapsamı, Genel Veri Koruma Yönetmeliği'ne benzer şekilde geniş bir etki alanı ile kurgulanmıştır. Yapay zekâ sistem sağlayıcısı ya da kullanıcısı AB dışında bulunsa bile AB'deki kullanıcıya yönelik tüm sistemler düzenleme kapsamına alınmıştır (Finocchiaro, 2024, s. 1964).

Bu durum, AB'nin kendi iç standartlarını küresel ölçekte fiili norm hâline getirmekle birlikte, Avrupa'dan taşan bir düzenleyici etki yaratması bakımından eleştirilmektedir. Hazırlanmasında AB dışındaki ülkelerin söz söyleme hakkı bulunmamasına karşın standartlar AB'ye ihracat yapan tüm ülkeler için geçerli olmaktadır (Edwards, 2022, s. 21).

Denetim ve Piyasa Gözetimi Rolü: Üye devletler, yüksek riskli sistemleri değerlendirmek, uygunluk süreçlerini doğrulamak, uygunsuzluk tespitinde sistemi durdurmak, geri çağırmak veya yasaklamak gibi geniş ve bağlayıcı yetkilere sahip piyasa gözetim otoriteleri kurmak zorundadır (EU, 2024a, Art. 74).

Piyasa gözetim otoriteleri, ciddi olayların bildirilmesi ve soruşturulması (EU, 2024a, Art.73), eksiklik tespiti halinde sağlayıcılara veya kullanıcılara karşı düzeltici tedbir uygulanması (EU, 2024a, Art. 79), yüksek riskli olmayan bir sistemin yanlış sınıflandırılması halinde yeniden değerlendirme yapılması (EU, 2024a, Art.80) gibi bir dizi denetim fonksiyonu ile görevlendirilmektedir.

AB düzeyinde ise, Avrupa Komisyonu ve Yapay Zekâ Ofisi, özellikle birden fazla üye devleti ilgilendiren uygunsuzluklarda veya AB çapında risk teşkil eden

uygulamalarda ortak soruşturma, koordinasyon ve rehberlik işlevlerini yürütmektedir (EU, 2024a, Art.74, Art. 85).

Yasa ile uygulama sonrası denetimin büyük ölçüde ulusal piyasa gözetim otoritelerine bırakılması, bu otoritelerin kaynak ve uzmanlık yetersizliği durumunda nasıl bir yöntem izleneceği bakımından eleştirilmektedir (Edwards, 2022, s. 22).

Uygunluk Değerlendirme ve Sertifikasyon Rolü: Yasada her üye devlet, yapay zekâ sistemlerinin uygunluk değerlendirmesini yapacak kuruluşları değerlendirmek, atamak, bildirmek ve izlemekle sorumlu bir bildirim otoritesi oluşturmak veya mevcut bir kurumu görevlendirmekle yükümlü tutulmaktadır. Bu bildirim otoritesi, teknik ve etik yeterliliğin denetiminden sorumlu tutulmaktadır (EU, 2024a, Art. 28).

Uygunluk değerlendirme kuruluşlarının yetkilendirilmesi ise hem güvenlik hem temel haklar hem de AB ürün güvenliği mevzuatıyla uyum açısından kritik bir kamu gücü işlevi haline gelmektedir.

Yapay Zekâ Sistem Sağlayıcısı Olarak Kamu Otoritesinin Yükümlülükleri:

Yapay Zekâ Yasası, en fazla düzenlemeyi yüksek riskli yapay zekâ uygulamalarının sağlayıcılarına yönelik getirmektedir (EU, 2024a, Art.16-22). Kamu otoriteleri yüksek riskli bir sistemde esaslı değişiklik yaparak sistemin yüksek riskli olmasını sağladıkları, başlangıçta yüksek riskli olmayan bir sistemin kullanım amacını değiştirerek yüksek riskli hale getirdikleri ve yüksek riskli bir sisteme kendi adı veya markasını koydukları takdirde (örneğin bir yerel yönetimin, kendi adıyla entegre ettiği bir yüksek riskli yapay zekâ sistemini hizmetlerinde kullanması; sözleşmesel düzenlemeler saklı kalmak kaydıyla) “sağlayıcı” olarak sınıflandırılmaktadır(<https://ai4gov-project.eu/2024/11/18/public-authorities-what-role-in-the-ai-act-auth/#:~:text=In%20fact%2C%20they%20are%20subject,of%20obligations%20under%20the%20Act>).

Bu durumda kamu otoritelerinin, kalite yönetim sistemi kurmak (EU, 2024a, Art.17), uygunluk değerlendirmesine girmek (EU, 2024a, Art.43), piyasa sonrası izleme faaliyetlerini yürütmek (EU, 2024a, Art.72) gibi birtakım görevlerle yükümlü kılındığı görülmektedir.

Söz konusu düzenleme ile kamu otoriteleri piyasa aktörü olarak özel sektörle eşdeğer bir konumda değerlendirilmekte, kamuya ait sistemler de aynı risk yönetimi ve hesap verebilirlik standardının parçası haline gelmektedir. Ancak bu

durum, pratikte uygunluk değerlendirme ve piyasa gözetimi rollerini üstlenen kamunun şeffaflık ve hesap verebilirlik boyutunda bir gerilim oluşturma riski taşımaktadır.

Yapay Zekâ Sistem Kullanıcısı Olarak Kamu Otoritesinin Yükümlülükleri:

Yasada yüksek riskli yapay zekâ uygulamaları kullananlara yönelik yükümlülükler de düzenleme altına alınmaktadır (EU, 2024a, Art.26-27). Fakat yapay zekâ kullanan kamu otoritelerine ek olarak özel bir sorumluluk rejimi atfedilmektedir. Kamu kurumları yüksek riskli sistemleri kullandığı takdirde şeffaflık yükümlülüğü (EU, 2024a, Art.50), AB veri tabanına kayıt yükümlülüğü (EU, 2024a, Art. 71), ciddi olay bildiriminde bulunma zorunluluğu (EU, 2024a, Art.73), temel hak otoriteleri ile iş birliği yürütme (EU, 2024a, Art. 77) gibi ek kamu sorumluluklarına tabi tutulmaktadır.

Temel Hak Gözetimi Rolü: Üye devletlerde, ayrımcılık, veri koruma, adil yargılanma, ifade özgürlüğü gibi temel hak alanlarında yetkili olan kamu kurumlarının yüksek riskli sistemlerde kullanılan belgelere erişme ve inceleme talep etme yetkisine sahip olma durumu da yasada düzenlenmektedir. Bu kurumlar, gerekli görüldüğü takdirde piyasa gözetim otoritesinden teknik test yapılmasını da talep edebilmektedir (EU, 2024a, Art.77).

Bahsi geçen düzenlemeye karşın yasa, temel hakların korunması bakımından yetersiz bulunmuş ve geniş çaplı bir eleştiriye maruz kalmıştır. Düzenlemenin temel hakları korumada büyük ölçüde soyut ve idari bir çerçeve sunduğu, bireylerin ayrımcılık ve hak ihlallerine karşı hızlı başvuru mekanizmalarının eksik olduğu ifade edilmektedir. Genel Veri Koruma Yönetmeliği'ndeki mevcut hakların tekrarlanması, yasanın birey odaklı bir koruma modeli geliştirmediği yönündeki eleştirileri güçlendirmektedir. Yasa hazırlıkları kapsamında tartışılan “yapay zekâ için özel hukuk kişiliği” önerisinin rafa kalkması, sorumluluk modelinin hâlen eksik olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, yüksek riskli sistemler için uygunluk değerlendirmesinin çoğunlukla teknik standartlara dayanması, bu standartların ise CEN/CENELEC gibi teknik komiteler tarafından hazırlanması, temel hakların gözetiminin belirsizleşmesi eleştirilerine sebep olmaktadır (Edwards, 2022, s. 21). Yasanın ilk taslaklarında güçlü olan açıklanabilirlik vurgusunun nihai metinde önemli ölçüde zayıflaması, mevcut yaklaşımın, açıklanabilirliği bir kullanıcı hakkı yerine inovasyonun risklerini yönetmek için bir araç olarak gördüğü, bu durumun sağlayıcılara geniş bir takdir alanı bıraktığı iddia edilmektedir.

Sektörel Kamu Otoritelerinin Mevzuata Uyum Rolü: Yapay Zekâ Yasası, yata-ay bir düzenleme yaklaşımı benimseyerek yapay zekâ kullanan her sektörü veya her sistemi bağlayıcı hükümler getirmiştir. Dolayısıyla yasa kapsamında farklı sektörlerle yönelik düzenleme yapma gereksinimi de doğmuştur. Yasa, ulaştırma, otomotiv, havacılık, denizcilik ve demiryolu gibi yüksek güvenlikli sektörlerde faaliyet gösteren kamu otoritelerinin kendi mevzuatlarını yasanın gereklilikleriyle uyumlu hale getirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu değişikliklerle, sektörel otoriteler sistemlerini yapay zekâ odaklı bir bakış açısıyla yeniden gözden geçirmek durumunda bırakılmıştır. Sektörel otoritelerin bu bağlamda yükümlülükleri yapay zekâ sistemlerini güvenlik bileşeni olarak yeniden sınıflandırmak, teknik standart ve test kurallarını güncellemek, uygunluk ve sertifikasyon süreçlerine yapay zekâ risklerini entegre etmek olarak belirtilmektedir (EU, 2024a, Art.102–110).

Raporlama, Koordinasyon ve AB Yönetişimi Rolü: Yapay Zekâ Yasası, ulusal kamu otoritelerine AB yapay zekâ yönetişiminin parçası olarak da çeşitli görevler yüklemektedir.

Üye Devletler düzeyinde bu görevler tek irtibat noktası oluşturmak (EU, 2024a, Art.70/2), piyasa gözetimi sonuçlarını Komisyona raporlamak (EU, 2024a, Art.74/2), idari para cezalarını yıllık olarak Komisyona bildirmek (EU, 2024a, Art.99/11), ulusal kapasiteyi düzenli olarak AB düzeyinde değerlendirmek (EU, 2024a, Art.112/4) olarak sıralanabilir.

Yasanın uygulamaya geçişi için, kamu otoritelerine, sistemlerini belirli tarihlere kadar yasaya uyumlaştırma yükümlülüğü verilmektedir. Büyük ölçekli kamu bilişim teknolojileri sistemlerinin ve kamu tarafından kullanılan yüksek riskli sistemlerin 2030'a kadar uyumlu hale getirilmesi beklenmektedir (EU, 2024a, Art. 111/1-2).

Sonuç olarak Yapay Zekâ Yasası, AB üye ülkelerinde kamu otoritelerini düzenleyici, denetleyici ve piyasa gözetleyici, uygunluk değerlendirici, yapay zekâ sistem sağlayıcısı, yapay zekâ sistem kullanıcısı, temel hak koruyucusu, teknik standart uygulayıcı, AB yönetim mekanizmasının parçası rollerine yerleştirmektedir.

AB Yapay Zekâ Yasası hakkındaki eleştiriler yayımlandığı günden bu yana devam etmektedir. Özellikle son zamanlarda, bilinmeyen risklerden dolayı yasanın uygulanması için iki yıl ara verilmesi gündeme gelmiş, ancak Avrupa Komisyonu

böyle bir gündemleri olmadığını, kuralların uygulamada etkili olmasına odaklandıklarını ifade etmiştir. Şirketler, bu sürenin hem kuralların makul şekilde uygulanması hem de düzenlemelerin basitleştirilmesi için gerekli olduğunu savunmaktadır (Kroet, 2025).

AB, yapay zekânın hukuki ve etik sorunlarını, yasa seviyesinde bir düzenleme yaparak belirli bir çerçevede çözmeye çalışmıştır. Ancak yasaya yöneltilen eleştirilerin büyük bölümü de yine bu hukuki ve etik sorunların tam anlamıyla çözülmediği yönünde yoğunlaşmaktadır.

Yasa, her ne kadar risk temelli kapsamlı bir düzenleme yaparak küresel ölçekte öncü bir rol üstlense de yapay zekâ teknolojisine yetiyecek dinamizmde görülmemesi, düzenleme yükünün ağırlığı, standartların AB dışı ülkeler için de zorunlu olarak bağlayıcı olması, risk yönetim sisteminin özellikle küçük işletmeler için inovasyonla gerilim oluşturma ihtimali, temel haklar anlamında Kişisel Veri Koruma Yönetmeliği'ne ek bir katma değer yaratmaması, sorumluluk ve açıklanabilirlik ilkeleriyle ilgili beklentinin karşılıksız kalması, işbirlikçi yönetişimin pratikte temsil eşitsizliği üretme ihtimali ortaya çıkarması gibi boyutlarıyla eleştirilmektedir. Dolayısıyla Yasa, Avrupa'nın normatif güç iddiasını desteklese de farklı boyutlarda tamamlayıcı düzenlemelere ihtiyaç duyan bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

Yasa ile getirilen hukuki ve etik bağlayıcılığın inovasyonla bir gerilim oluşturduğu iddiasına karşılık AB, yapay zekâ alanındaki küresel rekabet yarışında yer edinmek ve Avrupa'nın sürdürülebilir büyümesini sağlamaya yönelik birbiri ardına "rekabet" odaklı birtakım düzenlemeler hayata geçirmiştir. Fakat bu düzenlemeleri de yine kapsamlı bir ön çalışma sonucunda hazırlamıştır. Bu ön çalışmalar Draghi Raporu, Rekabetçilik Pusulası ve Yapay Zekâ İnovasyon Paketi'dir. Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi'ni incelemenden önce bu ön çalışmalar hakkında genel bir bilgi verilmesinin AB'nin yapay zekâ stratejisinin nasıl şekillendiğini anlamak açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

2.4. Draghi Raporu-Rekabetçilik Pusulası-Yapay Zekâ İnovasyon Paketi

Yapay zekâda rekabetçilik amacına yönelik düzenlemelerin arka planı Avrupa Komisyonu Başkanı Ursula von der Leyen'in 2023 Avrupa Birliği'nin Durumu konuşmasında eski İtalya Başbakanı Mario Draghi'den Avrupa rekabetçiliğinin

geleceğine ilişkin bir rapor hazırlamasını istemesiyle başlamıştır.

Draghi Raporu'nda, AB'nin sürdürülebilir büyümesi için üç temel koşul belirtilmektedir. Bunlardan en öncelikli ve acil koşul, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ve diğer sektörleri dönüştürücü potansiyelinden faydalanılmasıdır (EU, 2024b, s.6).

Draghi Raporu'na cevaben 28 Ocak 2025'te Rekabetçilik Pusulası yayımlanmıştır. Pusulada, Draghi Raporu'nun rekabetçiliği artırmak için belirlediği üç dönüştürücü zorunluluğun hayata geçirilmesi için gerekli tedbirler ortaya konmaktadır. Bunlardan ilki yapay zekâyla ilgili tedbirlerin de bulunduğu yenilik açığını kapatmak maddesidir. Genç ve yenilikçi start-up'lar için elverişli bir ekosistem yaratmak, derin teknolojiye dayalı yüksek büyüme sektörlerinde sanayi liderliğini desteklemek, teknolojilerin büyük şirketler ve KOBİ'ler arasında daha hızlı yayılmasını sağlamak, yenilik açığını kapatmak için gerekli önlemler olarak sıralanmaktadır. Yapay zekâyı yönelik somut adımlar ise yapay zekâ giga fabrikalarının ve Yapay Zekâ Stratejisinin uygulanması girişimlerinin başlatılarak yapay zekânın stratejik sektörlerde geliştirilmesini ve sanayiye entegrasyonunu hızlandırmaktır (EC, 2025c).

Öte yandan Ocak 2024'te Avrupa'daki girişim ve KOBİ ekosisteminin, AB değerleriyle uyumlu ve güvenilir yapay zekâ çözümleri geliştirmesini desteklemeyi amaçlayan bütüncül bir politika seti olarak bir Yapay Zekâ İnovasyon Paketi tasarlanmıştır. Paket, yapay zekâ inovasyonunu hızlandırmak üzere süper bilgisayarlar imtiyazlı erişim sağlanması, farklı sektörleri kapsayan uygulama alanlarının teşvik edilmesi gibi tedbirler içermektedir (EC, 2024c).

Pakette, Horizon Europe ve Dijital Avrupa Programı aracılığıyla üretken yapay zekâyı yönelik özel mali destekler sağlanacağı belirtilmekte, 2027'ye kadar kamu ve özel sektör tarafından toplamda yaklaşık 4 milyar avroluk yatırım yapılması öngörülmektedir. Bunun yanı sıra, üretken yapay zekâ alanındaki yetenek kapasitesinin güçlendirilmesi, startup ve scale-up'lara yönelik risk sermayesi ve öz kaynak desteklerinin artırılması ve Ortak Avrupa Veri Alanlarının geliştirilmesinin hızlandırılması hedeflenmektedir (EC, 2024c).

3. YAPAY ZEKÂ KITASI EYLEM PLANI

3.1. Stratejik Vizyon

Yapay Zekâ Kitası Eylem Planı, Yapay Zekâ Yenilik Paketi'ne, Avrupa'nın gelecekteki rekabetçiliğine ilişkin Draghi raporuna ve Rekabetçilik Pusulası'na dayanarak hazırlanmıştır. Amaç, yapay zekânın dönüştürücü gücünden faydalanarak AB içinde ekonomik büyümeyi ve toplumsal refahı artırmaktır. Bu amaca yönelik beş stratejik alan ve tek bir hedef ortaya koymaktadır: Avrupa'yı "yapay zekâda lider bir kıta" haline getirmek (Torchio, 2025).

3.2. Stratejik Alanlar

Planda, Avrupa Birliği'nin yapay zekâ kitası olma vizyonuna ulaşmak için beş temel alanda çalışmaların hızlandırılması öngörülmektedir. Bu beş temel alan: 1.Bilişim altyapısı 2.Yüksek kaliteli veri 3.Stratejik sektörlerde yapay zekâ kullanımı ve adaptasyonu, 4.Yapay zekâ alanında yetenekli insan gücü 5.Düzenleyici çerçeveye uyum olarak sıralanmaktadır (EC, 2025a, s.2-3).

Komisyon, bu beş stratejik alanı Avrupa'nın küresel yapay zekâ liderliğinin temel dayanakları olarak tanımlamakta ve bu doğrultuda 2025 yılında InvestAI girişimiyle 200 milyar avroluk yatırımın harekete geçirileceğini ilan etmektedir (EC, 2025a, 2025, s.2-3).

Bilişim altyapısının geliştirilmesi olan ilk stratejik alana yönelik, inovasyon aktörlerinin sınır teknoloji niteliğindeki modelleri eğitebilmesi için yüksek hesaplama gücüne sahip kamu yapay zekâ altyapısının kurulması, yapay zekâ fabrikaları ağının güçlendirilmesi ve CERN ölçeğinde bilimsel iş birliği yaratmayı amaçlayan giga fabrikalara geçilmesi hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra AB bulut ve veri merkezi kapasitesinin geliştirilmesine yönelik destekleyici bir çerçeve kurulması kararlaştırılmıştır (EC, 2025a, s.4-10).

İkinci stratejik alan; yapay zekâ geliştirme süreçlerinin temel girdisi olarak yüksek kaliteli veriye erişimi artırmaktır. Bu amaca yönelik bir Veri Birliği stratejisinin oluşturulması ve yapay zekâ fabrikaları bünyesinde güvenli veri paylaşımını sağlayacak Veri Laboratuvarları birimlerinin kurulması hedeflenmektedir (EC, 2025a, s.11-12).

Plandaki veri altyapısına yönelik yapılan düzenlemelerle ilgili bazı eleştiriler

de bulunmaktadır. Bu eleştirilere göre büyük teknoloji şirketleri tarafından yaygınlaştırılan yapay genel zekâ ve sınır modeli söylemini satın alan ve “daha fazla veri iyidir” ideolojisini yansıtan Komisyon tarafından kurulacak olan Veri Laboratuvarları, yapay zekâ geliştiricilerinin tüm AB çapında sağlık alanında büyük miktarda yüksek kaliteli veriye erişmesini olanaklı kılacak ve bu yapılar, bireylerin kontrolünü ve mahremiyetini ellerinden alan bir tür “felaket veri tabanına dönüşecektir (Shrishak, 2025).

Görüldüğü üzere Eylem Planı’nın ilk iki sütunu, Avrupa’nın teknolojik yenilik kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır. Bunun için Avrup’da, ABD ve Çin’e alternatif oluşturabilecek yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi ve inovatif kapasitenin nitelikli eğitim verilerine erişim sağlaması hedeflenmektedir. Ancak bu hedefleri karşılayacak kaynakların yeterli olup olmadığı belirsiz durumdadır. Çünkü 200 milyar avroluk InvestAI girişiminin yalnızca %10’u yapay zekâ giga fabrikaları için yeni fonlardan oluşmakta, kalan %90’ı ise mevcut dijital fonlar ile kamu-özel ortaklıklarına dayanmaktadır (Torchio, 2025).

Üçüncü ve dördüncü stratejik alanlar, Avrup’da yapay zekâ teknolojisinin yaygın olarak uygulanabilmesi ve benimsenebilmesi için gerekli önkoşullar olarak tanımlanmaktadır. Bu alanlardaki düzenlemeler kapsamında kamu, sağlık, enerji, savunma, kültür, bilim ve sanayinin de içinde olduğu toplam on bir stratejik sektörde yapay zekâ adaptasyonu hızlandırılmakta, Avrupa Dijital İnovasyon Merkezleri, Yapay Zekâ Deneyim Merkezleri olarak yeniden konumlandırılmakta, yeni Ar-Ge tesisleri kurulmaktadır (EC, 2025a, s. 13-17).

Ayrıca, yapay zekâda insan kaynağı kapasitesinin geliştirilmesine yönelik, AB Yetenek Havuzu girişiminin hızlı biçimde benimsenmesini teşvik etmekte, Beceriler Birliği (Union of Skills) çerçevesine açık referanslar yapmaktadır. Ancak öngörülen bu önlemlerin Avrup’daki beceri açığının kapsamını ve niteliğini tam olarak karşılamayabileceği de ifade edilmektedir (Torchio, 2025).

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı’nda belirlenen son stratejik öncelik, Yapay Zekâ Yasası bağlamında düzenleyici uyum ve sadeleştirmeyi teşvik etmektedir. AB’nin geniş tek pazarı ve Avrupa Yapay Zekâ Yasası tarafından sağlanan düzenleyici bütünlük, yapay zekâ teknolojilerinin güvenli kullanımını destekleyen temel bir avantaj olarak görülmekte, ancak özellikle küçük yenilikçiler için mevzuata uyumun kolaylaştırılmasına ihtiyaç duyulduğundan hareketle yasanın uygulanmasını destekleyecek mekanizmaların kurulması ve uygulamanın kolaylaştırıl-

ması hedeflenmektedir. Bu amaçla Komisyon, merkezi bir bilgi noktası olarak çalışacak Yapay Zekâ Hizmet Masası'nı oluşturmakta ve Yapay Zekâ Yasası'nın uygulanmasına ilişkin zorlukları ele almak için Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi kapsamında bir kamu istişaresi başlatmaktadır (Torchio, 2025).

3.3. Egemenlik Söylemi ve Veri Altyapısı

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nda özellikle veriyle ilgili kamu altyapısının geliştirilmesi konusunun birkaç farklı bölümde egemenlik söylemine bağlandığı görülmektedir. Bu durum AB'nin veri altyapısındaki dışa bağımlılığı, egemenliğine karşı en önemli tehdit olarak algıladığını düşündürmektedir. AB'nin dijital egemenlik yaklaşımını veri, altyapı ve karar alma süreçleri üzerinde stratejik kontrolün tesis edilmesini kapsayan çok katmanlı bir çerçeve olarak tanımlayan yaklaşım da (Floridi, 2020) bu tezle uyum göstermektedir. Eylem Planı'nda veri merkezleri ve bulut altyapısının güçlendirilmesi için “Bulut ve Yapay Zekâ Geliştirme Yasası” adıyla bir taslak hazırlanması hedefi de yine bu tezi destekleyen bir başka argümandır.

Dolayısıyla şunu söylemek yanlış olmayacaktır: Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, yapay zekâda öncü kıta yani küresel liderlik vizyonunun gerçekleşmesi için kamunun veri altyapısının geliştirilmesi suretiyle bu alanda dışa bağımlılıktan kurtulmayı bir egemenlik meselesi olarak görmektedir. Dolayısıyla bu amaca hizmet edecek yapay zekâ fabrikaları, giga fabrikaları, bulut çözümleri gibi eylemlerin gerçekleştirilmesine büyük önem vermektedir. Böylece Planda üye devlet kamu otoritelerine atanan en önemli ve stratejik rolün kamu veri altyapısının güçlendirilmesi rolü olduğu da söylenebilir.

Veri altyapısının güçlendirilmesi ve bu alanda dışa bağımlılığın azaltılması dijital egemenlik kavramlarıyla tutarlı bir görüntü çizmektedir. Dijital egemenlik, ulus devletlerin siber alanda veri, altyapı ve teknoloji üzerindeki kontrol yetkisini ifade eden, günümüz jeopolitik ve ekonomik düzeninde giderek artan bir öneme sahip olan kritik bir kavramdır (Kırıkaş, 2025, s. 123).

Öte yandan egemenlik kavramıyla ilgili bazı eleştirel yaklaşımlar da dikkat çekicidir. Bu eleştirilere göre, AB'nin yapay zekâ stratejisinde öne çıkan “yapay zekâ egemenliği” söylemi, ilk bakışta yalnızca teknolojik rekabeti güçlendirmeyi amaçlayan teknik bir hedef gibi görünse de aslında oldukça siyasal bir nitelik taşımaktadır. Bu egemenlik anlayışı hem belirsiz hem de farklı yorumlara açık

olduğu için, AB'nin yapay zekâ politikasının kaçınılmaz olarak gerektirdiği temel tercihler çoğu zaman görünmez hâle gelmektedir. Buradaki temel ikilem AB'nin yapay zekâ alanında küresel rekabet gücünü artırmak için özel sektörle daha yakın bir iş birliği mi hedeflemesi gerektiği, yoksa büyük şirketlerin ticari çıkarlarına karşı dahi olsa vatandaşlara teknolojinin yaşamlarındaki rolü üzerinde daha fazla kontrol sağlayan bir yönetim modelini mi benimsemesi gerektiğidir. Bu soruya verilecek yanıt, yapay zekâ yarışının kimin adına kazanılacağı, kime karşı savunulacağı ve rekabetten doğacak getirilerin toplumun tamamına mı yoksa belirli aktörlere mi yöneleceği gibi kritik meseleleri de içermektedir. Bu nedenle AB'nin yapay zekâ egemenliği yaklaşımı, herkesin “kazanan” olarak sunulduğu teknik bir vizyon değil, vatandaş–kamu otoriteleri–şirketler arasındaki güç ilişkilerini yeniden tanımlayan ve kaçınılmaz olarak kazananlar ile kaybedenler ortaya çıkaran siyasal bir tercih seti olarak görülmelidir. Bu siyasal karakteri görünür kılmak, AB'nin yapay zekâ rejiminin kamu otoritelerine yüklediği rollerin ve düzenleyici önceliklerinin hangi değerler ve hangi stratejik hedefler doğrultusunda şekillendiğini anlamak açısından kritik önemdedir (Mügge, 2024, s. 2219-2220).

3.4. Kamunun Stratejik Rolü

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, kritik sektör ve teknolojiler için kamu alımlarında “Avrupa Tercihi” ilkesini öne çıkarmaktadır. Plandaki yerli yapay zekâ ürünlerinin desteklenmesi kararı (EC, 2025a, s.9) kamu otoritelerine, stratejik yönlendirme yapan bir piyasa aktörü olarak yapay zekâ ekosisteminin gelişimini şekillendirme ve teknoloji üretiminde yön verici bir rol atfetmektedir.

Öte yandan, kamu sektörü stratejik sektörlerden biri olarak sayılmakta, kamu sektöründeki sağlık, eğitim ve benzeri stratejik hizmetlerde yapay zekâ kullanımına özel bir vurgu yapılmakta ve kamudaki yapay zekâ adaptasyonunun diğer sektörler için itici bir güç olacağı ifade edilmektedir. Bu yönüyle de kamuya, teknolojik dönüşümün yönünü belirleyen, ölçek yaratıcı ve yeniliği tetikleyen bir katalizör rolü yüklenmektedir (EC, 2025a, s.13).

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, Avrupa'nın teknolojik hedeflerini gerçekleştirme konusunda daha iddialı olması gerektiğini kabul etmesinden dolayı kimilerince genel olarak doğru yönde atılmış bir adım olarak değerlendirilmektedir (Torchio, 2025). Kimilerince de gerçekten ziyade kurguya daha yakın olduğu şeklinde eleştirilmektedir (Shrishak, 2025). Bu eleştirilere göre, yoğun bir abartı

söylemine bulanmış bu Plan, AB'nin liderlik iddiası uğruna daha fazla fosil yakıt tüketmesine ve geçmişi tekrar etmesine yol açacaktır.

4. YAPAY ZEKÂ UYGULAMA STRATEJİSİ

Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi, Avrupa Komisyonu'nun Ekim 2025'te yayımladığı en güncel düzenleme belgesidir. Belge, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nın politika ayağını tamamlayarak yapay zekâyı sektörel düzeyde uygulanabilir politikalara dönüştürmeyi amaçlamaktadır.

4.1. Stratejik Sektörlerde Yapay Zekâ Adaptasyonu ve Önce Yapay Zekâ (AI-first) Yaklaşımı

Belgede, sağlık ve ilaç, robotik, imalat, savunma-güvenlik-uzay, mobilite-ulaşım-otomotiv, elektronik haberleşme, enerji-iklim-çevre, tarım-gıda, kültürel ve üretici sektörler, medya ve son olarak da kamu sektörü olmak üzere toplam on bir stratejik sektör bağlamında yapay zekâ kullanımını ve "AI-first/önce yapay zekâ" yaklaşımını desteklemek, teşvik etmek için Komisyonun ne gibi somut eylemleri hayata geçireceği ortaya konulmaktadır (EC, 2025b, s. 12).

Belgede sektörlerle yönelik belirlenen temel amaçlarda önce yapay zekâ (AI first) yaklaşımının teşvik edildiği görülmektedir. Bu yaklaşım, yapay zekânın sunduğu avantajların insanların günlük yaşam ve çalışma pratiklerine doğrudan yansmasıyla ortaya çıkan yeni bir zihinsel çerçeve olarak tanımlanmakta, karar alma, iletişim, yaratıcılık, yenilikçilik ve problem çözme gibi süreçlerde yapay zekâyı birincil başvuru noktası olarak görmektedir (Schmelzer, 2024).

Dolayısıyla yapay zekâ stratejisinin uygulanması için benimsenen en somut ve pratik yaklaşım "önce yapay zekâ-AI first" olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum AB'nin iddialı vizyonuna ulaşmasının ancak tüm stratejik sektörlerde, iş yapış süreçlerinde kapsamlı bir paradigma değişimi yaşanarak hayata geçirilebileceğini düşündürmektedir.

4.2. Kamu Sektörünün Adaptasyonu İçin Uygulama Adımları

Yapay Zekâ Uygulama Stratejisinde, Avrupa Komisyonu, kamu sektöründe yapay zekâ çözümlerinin benimsenmesini teşvik etmek amacıyla üç somut uygulama adımı öngörmektedir (EC, 2025b, s. 11-13):

Bunlardan birincisi kamu idarelerine yönelik bir Yapay Zekâ Araç Kutusu (AI Tool Box) oluşturulmasıdır. Bu araç kutusu, yapay zekâ alanında birlikte çalışabilirliği desteklemek amacıyla pratik, açık kaynaklı ve yeniden kullanılabilir araç ve çözümlerden oluşan ortak bir havuz içerecektir. Buna ek olarak, kamu idarelerinin kendi ihtiyaçlarına uygun hizmetleri geliştirebilmelerine yardımcı olacak pratik örnekler sunan Kamu Sektörü Yapay Zekâ ve Birlikte Çalışabilirlik Uygulama Rehberliği (PAIR Pathway) başlatılacaktır (EC, 2025b, s.12).

İkinci olarak yapay zekânın olası riskleri de dikkate alınarak özellikle eğitim sektöründe kullanılmak üzere kamu idarelerinde ölçeklenebilir ve çoğaltılabilir üretken yapay zekâ çözümleri geliştirilecektir. Bu kapsamda, üretken ve otonom yapay zekâ çözümlerinin geliştirilmesini desteklemek üzere kapsamlı bir teknik ve politik araç seti oluşturulacaktır (EC, 2025b, s. 12).

Son olarak da Avrupa Birlikte Çalışabilirlik Çerçevesi, Avrupa kamu idarelerinde “önce yapay zekâ” politikalarını mümkün kılacak rehberliği içerecek şekilde güncellenecektir (EC, 2025b, s. 13).

Belgede ayrıca Yapay Zekâ İttifakı’nın sektörel topluluklarla politika yapımcılar arasında sürekli ve çok paydaşlı bir iletişim platformuna dönüştürülmesi öngörülmekte ve bu mekanizma aracılığıyla sektörel yapay zekâ çözümlerinin tartışılması, sağlayıcı ve kullanıcılar arasında bir network oluşturulması ve politika süreçlerine güçlü bir katılım sağlanması hedeflenmektedir. Yapay Zekâ İttifakı ile ortaya konulan çıktılar Yapay Zekâ Kurulu tarafından dikkate alınacak ve değerlendirilecektir (EC, 2025b, s. 17).

Yapay zekânın mevcut ve gelecekteki sektörel etkilerini izlemek, işgücü piyasasındaki dönüşümleri takip etmek ve politika yapımına bilgi sağlamak amacıyla da Yapay Zekâ Gözlemevi kurulacaktır (EC, 2025b, s. 18).

Kamu otoriteleri için öngörülen bu somut uygulama adımları, kamu otoritelerine düzenleme rolünün yanı sıra aktif bir uygulayıcı rolü de kazandırmaktadır.

4.3. Kamu Otoritelerinin Uygulayıcı Rolü

Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi, Avrupa Birliği’nin düzenleyici çerçevesini somut politika araçlarıyla tamamlamakta, kamu otoritelerinin yapay zekâ ekosistemindeki yerini belirginleştirmektedir. Belgede öngörülen önce yapay zekâ (AI-first) yaklaşımı kamu otoritelerinin karar alma ve hizmet sunum süreçlerini

yapay zekâ temelli bir mantığa göre yeniden kurgulamalarını gerektirmektedir.

Yapay Zekâ Araç Kutusu, PAIR Pathway rehberi, üretken yapay zekâ çözümlerinin ölçeklenmesi ve Avrupa Birlikte Çalışabilirlik Çerçevesi gibi somut mekanizmalar ise, kamu otoritelerini hizmet sunumunda yapay zekâyı aktif olarak kullanan aktörler olarak konumlandırmaya yöneliktir. Bunun yanı sıra Yapay Zekâ İttifakı'nın çok paydaşlı bir platforma dönüştürülmesi ve Yapay Zekâ Gözlemevi'nin kurulması, kamu otoritelerinin düzenleyici, koordinasyon sağlayıcı ve bilgi üreten rollerini de pekiştirmektedir. Böylece Belge ile kamu, stratejik yön veren, ölçek yaratan ve sektörler arası etkileşimi yöneten temel bir aktör olarak konumlanmaktadır.

5. BULGULAR

Avrupa Birliği'nin yapay zekâ alanında son iki yılda yayımladığı Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi bağlamında AB üye ülkelerinde kamu otoritelerine atanan rollerin analiz edilmesi sonucunda makalede ulaşılan bulgular şu şekilde sıralanabilir:

1. AB Yapay Zekâ Yasası, kamu otoritelerini ciddi bir düzenleme rolünün yanı sıra, denetim ve piyasa gözetimi, uygunluk bildirimi, yapay zekâ kullanıcısı, yapay zekâ sağlayıcısı, temel hak koruyucusu, AB ile koordinasyon gibi roller üzerinden yapay zekâ yürütme mekanizmasının temel unsuru haline getirmekte, kamu otoritelerinin rollerini genişletmektedir. Fakat bu rol genişlemesiyle birlikte önemli bir finansal kaynak, teknik uzmanlık, koordinasyon ve uyum ihtiyacı da görünür hale gelmektedir.
2. Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, kamu otoritelerini özellikle altyapı ve veri kapasitesi üzerinden dijital egemenlik hedefinin taşıyıcısı rolüne yerleştirmekte, kamu alımları ve yatırımlarını yönlendirme gibi işlevlerle stratejik piyasa şekillendirici rolünü belirginleştirmektedir.
3. Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi, önce yapay zekâ (AI-first) yaklaşımı, araç kutuları, uygulama rehberlikleri gibi mekanizmalar yoluyla yapay zekâ yönetişim mimarisinde kamu idarelerinin uygulayıcı ve uygulamayı hızlandırıcı rolünü kurumsallaştırmaktadır.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, yapay zekâ alanında kamu otoritelerinin rolünün düzenleyici çerçeveye sınırlı kalmadığı, stratejik yönlendirme, alt-

yapı kurma ve uygulamayı da içeren daha geniş bir yönetim alanına doğru genişlediği görülmektedir. Bu durum, kamu otoritelerinin yapay zekâ ekosistemindeki konumunun pasif bir düzenleme rolünden aktif bir kurucu ve yönlendirici role doğru evrildiğine işaret etmektedir. Bu durum devlet kapasitesinin güçlenmesi ile demokratik hesap verebilirlik, şeffaflık ve temel hakların korunması arasında hassas bir denge kurulması ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Aksi takdirde, özellikle yüksek riskli yapay zekâ sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte olası teknik kapasite eksikliklerinin veya kurumsal koordinasyon yetersizliklerinin yönetim boşlukları ve eşitsizlikler üretme ihtimali bulunmaktadır. Bu nedenle, yapay zekâ yönetiminde kamu otoritelerinin rol genişlemesi, teknik ve idari kapasite artırımı, hukuki güvenceler, etik ilkeler ve çok katmanlı yönetim mekanizmalarıyla desteklenen bütüncül bir çerçeve içinde ele alınmalıdır.

SONUÇ

Bu makalede, Avrupa Birliği'nin yapay zekâ alanında son iki yılda yayımladığı Yapay Zekâ Yasası, Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ve Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi bağlamında AB üye ülkelerinde kamu otoritelerine atanan roller analiz edilmiştir.

AB, yapay zekâ anlamında düzenleme çabalarına 2018 yılında başlamış olmasına karşın, yasa seviyesinde bir düzenlemeyi hazırlaması ve kabul ederek yayımlaması 2024 yılını bulmuştur. Hukuki ve etik ilkeleri düzenleyen yasadan sonra ise 2025 yılında önce Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nı, daha sonra da Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi'ni yayımlayarak strateji ve uygulama düzeyinde düzenlemelerini tamamlamıştır.

AB Yapay Zekâ Yasası ile kamu otoritelerine atanan en baskın rol düzenleme rolüdür. Yasa, kamu otoritelerine çokça eleştiri konusu olan ağır bir düzenleme rolü vermektedir. AB üye ülkelerinde ulusal düzeyde çok sayıda mevzuatın uyumlaştırılması ve ikincil düzenlemeler çıkarılmasını gerektirecek bir düzenleme ihtiyacı bulunmaktadır. Diğer taraftan, ulaştırma, otomotiv, havacılık, denizcilik ve demiryolu gibi yüksek güvenlikli sektörlerde faaliyet gösteren kamu otoritelerinin kendi mevzuatlarını yasanın gereklilikleriyle uyumlu hale getirmesini de zorunlu kılmaktadır.

Yapay Zekâ Yasası ile kamu otoritelerine atfedilen bir başka önemli rol ise piyasa gözetimi ve uygunluk bildirme rolüdür. AB'ye üye devletlerin her biri piyasa gözetiminden ve uygunluk bildiri kuruluşlarından sorumlu birer ulusal otorite yapılandırmak veya mevcut kurumları bu rollerle görevlendirmek durumunda bırakılmıştır.

Yasanın uygulanması için öngörülen yönetim mekanizması ile de ulusal kamu otoritelerine AB düzeyinde tek irtibat noktası oluşturmak, piyasa gözetimi sonuçlarını Komisyona raporlamak, idari para cezalarını yıllık olarak Komisyona bildirmek ve ulusal kapasiteyi düzenli olarak AB düzeyinde değerlendirmek gibi çeşitli roller tanımlanmaktadır. AB düzeyinde rehberlik ve koordinasyon üretilirken, uygulama kapasitesinin ağırlığı ulusal otoritelere yüklenmektedir.

Yapay Zekâ Yasası'nın ardından yayımlanan Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı ise, stratejik bir vizyon geliştirmiştir. Eylem Planı, dijital egemenlik söylemine

hizmet edecek şekilde, kamuya özellikle veri altyapısının güçlendirilmesi, yenilikçiliğin teşviki, girişimciler için uygun ekosistem oluşturma ve benzeri roller yüklemiştir.

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı, veri altyapısı ve bilişim kapasitesi üzerinden dijital egemenliği stratejik bir hedef olarak konumlandırırken, kamu otoritelerine piyasa şekillendirici ve teknolojik dönüşümü yönlendirici bir rol atfetmektedir. Ancak bu genişleyen roller, beraberinde kaynak, koordinasyon ve demokratik meşruiyet açısından önemli gerilimleri de getirmektedir. Avrupa Birliği'nin yapay zekâ yönetim modeli, bir yandan küresel rekabet ve teknolojik liderliği hedeflerken, diğer yandan kamu otoriteleri, özel sektör ve vatandaşlar arasındaki güç ilişkilerini yeniden tanımlayan siyasal bir tercih alanı yaratmaktadır. Dolayısıyla yapay zekâ politikalarının başarısı, bu tercihin hangi değerler, hangi aktörler ve hangi toplumsal öncelikler doğrultusunda şekillendiğiyle yakından ilişkili olacaktır.

Yapay Zekâ Kıtası Eylem Planı'nın uygulama anlamında tamamlayıcısı olarak yayımlanan Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi ise önce yapay zekâ-AI-first yaklaşımının benimsenmesi ve yapay zekâ kullanımının geliştirilmesi hedefleriyle tüm sektörler için somut uygulama adımlarını ortaya koymaktadır.

Kamu sektöründe uygulanacak adımlar, açık kaynaklı ve yeniden kullanılabilir çözümler içeren Yapay Zekâ Araç Kutusu geliştirilmesi, kamu idarelerinin kendi hizmet alanlarına özel uygulamalar geliştirebilmesi için Birlikte Çalışabilirlik Rehberliğinin başlatılması, üretken ve otonom yapay zekâ çözümlerinin hayata geçirilmesi ve AB Birlikte Çalışılabilirlik Rehberi'nin güncellenmesidir. Uygulama Belgesi, önce yapay zekâ-AI-first yaklaşımının benimsenmesi anlamında kamuda uygulanacak pratik uygulama adımlarını tanımlamaktadır.

Yapay Zekâ Uygulama Stratejisi ile, düzenleyici çerçevenin somut politika araçları ve uygulama mekanizmaları aracılığıyla kamu idarelerinin işleyişine doğrudan entegre edildiği görülmektedir. Bu bağlamda kamu otoriteleri, yapay zekâ çözümlerini doğrudan uygulayan, ölçeklendiren ve sektörler arası etkileşimi yöneten merkezi aktörler haline gelmektedir. Ancak bu dönüşümün, kamu yönetiminde karar süreçlerinin algoritmikleşmesi, kurumsal kapasite farklılıkları ve teknolojik bağımlılık gibi yeni yönetim sorunlarını beraberinde getirme ihtimali de bulunmaktadır. Dolayısıyla yapay zekânın kamu sektörüne entegrasyonu, kurumsal dayanıklılık, insan denetimi ve demokratik hesap verebilirlik ilke-

leriyle birlikte ele alınması gereken çok boyutlu bir dönüşüm alanı olarak ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, AB yapay zekâ politikasının, klasik düzenleyici devlet modelinden farklı olarak, kamu otoritelerini hem piyasa aktörü hem altyapı kurucusu hem de teknoloji uygulayıcısı olarak yeniden konumlandıran hibrit bir devlet modeli ürettiğini göstermektedir.

İncelenen düzenlemeler göz önünde bulundurulduğunda, AB'nin yapay zekâ düzenleme rejiminin, bu alanda çalışmalarını henüz tamamlamamış ülkeler ve Türkiye açısından zengin bir referans ve karşılaştırma imkânı sunduğu, öte yandan süre gelen karşı eleştirilerin de dikkatle ele alınması gerektiği düşünülmektedir.

Özellikle yasa çalışmalarında, kamu kurumlarının düzenleme yüklerinin hesaba katılarak uygulama takviminin belirlenmesi, kamunun yapay zekâ uygulamaları sağlayan bir piyasa aktörü olması durumunda hesap verebilirlik mekanizmalarının titizlikle düzenlenmesi, finansal kaynak ve teknik uzmanlık kapasitesi için asgari standartların tanımlanması gibi hususlar yapay zekâ düzenlemelerinin meşruiyeti ve sürdürülebilirliği açısından kritik hususlar olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Barrat, J. (2020). *Artificial intelligence and the future of humans*. Basic Books.
- Benzer, Ekrem. “Yapay Zekâ’nın Ab Hukuk Düzenindeki Görünümü: Ab Yapay Zekâ Tüzüğü”. *Bilişim Hukuku Dergisi*, 7, sy. 1 (Haziran 2025).187-221. <https://doi.org/10.55009/bilisimhukukudergisi.1585137>.
- Butt, J. S. (2024). Analytical study of the world’s first EU Artificial Intelligence (AI) Act. 7343-7364. <https://ijrpr.com/uploads/V5ISSUE3/IJRPR24381.pdf>
- Cancela-Outeda, C. (2024). The EU’s AI Act: A framework for collaborative governance. *Internet of Things*, 27, 101291. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101291>
- Demaidi, M. (2023). Artificial intelligence national strategy in a developing country, *AI&Society*, 40, 423-435.
- Ebers, M. (2024). Standardising AI: The case of the European Commission’s proposal for an Artificial Intelligence Act (EU Law Working Paper No. 101). <https://law.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/10/EU-Law-WP-101-Ebers.pdf>
- Edwards, L. (2022). The EU AI Act: A summary of its significance and scope. Ada Lovelace Institute. <https://www.adalovelaceinstitute.org/wp-content/uploads/2022/04/Expert-explainer-The-EU-AI-Act-11-April-2022.pdf>
- Efe, A. (2022). Yapay Zekâ Ortamındaki Dijital Kamu Yönetiminin Yol Haritası. *Kamu Yönetimi Ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 99-130.
- European Commission. (2018). Artificial Intelligence for Europe (COM(2018) 237 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52018DC0237>
- European Commission. (2019a). Ethics Guidelines for Trustworthy AI. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- European Commission. (2019b). A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines. Independent High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines>

European Commission. (2020a). White Paper on Artificial Intelligence: A European Approach to Excellence and Trust. https://commission.europa.eu/publications/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust_en

European Commission. (2020b). European Data Strategy (COM(2020) 66 final). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data>

European Union (2024). The future of European competitiveness: A competitiveness strategy for Europe (2024). Publications Office of the European Union. https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be-4c-f152a8232961_en

European Commission. (2025c). An EU Compass to regain competitiveness and secure sustainable prosperity. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_339

European Commission. (2024c). AI innovation package. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/ai-innovation-package>

European Commission. (2025a). AI Continent Action plan (COM(2025) 165 final). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ai-continent-action-plan>

European Commission. (2025b). Apply AI Strategy, <https://digitalstrategy.ec.europa.eu/en/policies/apply-ai>

European Union. (2021) Regulation (EU) 2021/694. Digital Europe Programme (2021-2027). <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/digital-europe-programme-2021-2027.html>

European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>

Finocchiaro, G. (2024). The regulation of artificial intelligence. *AI & Society*, 39, 1961–1968. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00146-023-01650-z>

Floridi, L. (2020). The fight for digital sovereignty: What it is, and why it matters, especially for the EU. *Philosophy & Technology*, 33, 369–378. <https://philarchive.org/archive/FLOTFF>

IEA. (2025). Energy and AI-World Energy Outlook Special Report. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>

ISO. (2019). ISO/IEC JTC 1/SC 42 Artificial Intelligence Standards. <https://www.iso.org/committee/6794475/x/catalogue/>

Karadeniz, S. (2025). Avrupa Birliği Yapay Zekâ Kanunu'nun Risk Grupları ve İlgililerin Yükümlülükleri Bağlamında İncelenmesi. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 29(1), 307-366. <https://doi.org/10.34246/ahbvuhfd.1541455>

Kiriktaş, A. (2025). ABD'nin Küresel Teknoloji Politikası: Dijital Egemenlik ve Rekabet. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 11(1), 122-144. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kkujobpir/issue/92914/1635031>

Kroet, C. (2025, 22 Eylül) Komisyon, Yapay Zekâ Yasası'nın askıya alınması çağrılarını reddetti. *Euronews*. <https://tr.euronews.com/next/2025/09/22/komisyon-yapay-zekâ-yasasinin-askiya-alinmasi-cagrilarini-reddetti>

Mügge, D. (2024). Artificial intelligence sovereignty: The politics behind Europe's digital ambitions. *Journal of European Public Policy*, 31(12), 2215–2222. https://pure.uva.nl/ws/files/223732029/EU_AI_sovereignty_for_whom_to_what_end_and_to_whose_benefit_.pdf

Nilsson, N. J. (2010). Yapay Zekâ: Geçmiş ve Geleceği. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

OECD. (2019). OECD Recommendation on Artificial Intelligence (OECD/LEGAL/0449). <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449>

OECD. (2025). Governing with Artificial Intelligence: The state of play and way forward in core government functions. https://www.oecd.org/en/publications/governing-with-artificial-intelligence_795de142-en.html

Öztürk Dilek, G. (2019). Yapay zekânın etik gerçekliği. *Ankara Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(4), 47–59. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/usdad/issue/51335/642184>

Samsun, A. T. (2021). Yapay zekâ yarışında Avrupa Birliği'nin konumu. *EURO Politika*, 8, 24–31. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/europ/issue/76164/1264771>

Schmelzer, R. (2024, August 25) What is an AI-First Mindset, Forbes. <https://www.forbes.com/sites/ronschmelzer/2024/08/25/what-is-an-ai-first-mindset/>

Shrishak, K. (2025, April 10) The EU AI Continent Action Plan: Hype, Burn, Rinse, and Repeat, TechPolicy. <https://www.techpolicy.press/the-eu-ai-continent-action-plan-hype-burn-rinse-and-repeat/>

Torchio, G. (2025, April 10) A first look at the EU's AI Continent Action Plan. European Policy Center. <https://www.epc.eu/publication/A-first-look-at-the-EUs-AI-Continent-Action-Plan-641900/>

World Bank. (2024). Global trends in AI governance: Evolving country approaches. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099120224205026271/pdf/P1786161ad76ca0ae1ba3b1558ca4ff88ba.pdf>

Yılmaz, İ., Sözer, C., & Elver, E. (2021). Yapay Zekâ ile İlgili Güncel Düzenlemeler: Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Alınan Aksiyonlar Işığında Bir Değerlendirme. Adalet Dergisi (66), 445-469.

A Productivity Analysis and Strategic Implications of Türkiye's 5G Deployment

Erdem Demircioğlu¹

Gönderilme Tarihi: 12 Şubat 2026

Kabul Tarihi: 4 Mayıs 2026

Atıf | Citation: Demircioğlu, E. (2026). A productivity analysis and strategic implications of Türkiye's 5G deployment. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4 (1). 67-100 <https://doi.org/10.66643/btkdergi.1887737>

Araştırma Makalesi / Research Article

ABSTRACT

This study examines the economic impact of broadband mobile network transitions on operators in Türkiye, with a specific focus on drawing evidence-based lessons from LTE to inform the strategic and financial planning for the upcoming 5G deployment. It aims to quantitatively assess the relationship between infrastructure investment, operator efficiency, and macroeconomic constraints to formulate actionable policy recommendations. The research employs a historical panel dataset of Turkish mobile network operators (MNOs) to calculate and analyze the investment efficiency ratio. The analysis reveals two critical patterns. First, LTE deployment generated significant efficiency gains, with operator capital productivity increasing by approximately 30% post-implementation. Second, this productivity is highly sensitive to financing costs. High domestic interest rates exert strong downward pressure on investment efficiency. Consequently, while 5G holds similar potential for productivity gains, its financial viability is severely challenged under current macroeconomic conditions. This paper provides a novel, integrated analysis that combines quantitative operator-level efficiency metrics with Türkiye's specific policy ambitions for technological sovereignty. It uniquely quantifies the financial friction caused by high interest rates on telecom investments and proposes a holistic policy framework.

Keywords: 5G Deployment, Investment Efficiency, Telecommunications Policy, Spectrum Auction

JEL Classification Codes: L96, O33, G31

¹ ULAK Haberleşme AŞ., R&D and Technology Management Department, Ankara, erdem.demircioglu@ulakhaberlesme.com.tr, ORCID: 0000-0002-0779-0215

Türkiye'nin 5G Yayılımının Verimlilik Analizi ve Stratejik Çıkarımları

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'deki geniş bant mobil ağ geçişlerinin operatörlere iktisadi etkisini incelemekte ve özellikle LTE'den çıkarılan kanıta dayalı dersleri, yaklaşan 5G yayılımı için stratejik ve finansal planlamaya bilgi sağlamak üzere kullanmayı hedeflemektedir. Altyapı yatırımı, operatör verimliliği ve makroekonomik kısıtlar arasındaki ilişkiyi nicel olarak değerlendirerek uygulanabilir politika önerileri formüle etmeyi amaçlamaktadır. Araştırma, yatırım verimlilik oranını hesaplamak ve analiz etmek için Türkiye'deki mobil şebeke operatörlerine ait geçmiş panel veri setini kullanmaktadır. Analiz, iki kritik örüntüyü ortaya koymaktadır. İlk olarak, LTE yayılımı, operatör sermaye verimliliğinin uygulama sonrasında yaklaşık %30 artmasıyla önemli bir verimlilik kazancı sağlamıştır. İkinci olarak, bu verimlilik finansman maliyetlerine karşı oldukça hassastır. Yüksek yerel faiz oranları, yatırım verimliliği üzerinde güçlü bir baskı oluşturmaktadır. Sonuç olarak, 5G benzer verimlilik kazançları potansiyeli taşısa da finansal fizibilitesi mevcut makroekonomik koşullar altında ciddi şekilde zorlanmaktadır. Bu makale, nicel operatör düzeyindeki verimlilik ölçütlerini Türkiye'nin teknolojik egemenliğe yönelik özel politika hedefleriyle birleştiren yeni ve bütünlük bir analiz sunmaktadır. Telekom yatırımları üzerindeki yüksek faiz oranlarının neden olduğu finansal baskıyı ölçmekte ve bütüncül bir politika çerçevesi önermektedir.

Anahtar Kelimeler: 5G Yayılımı, Yatırım Verimliliği, Telekomünikasyon Politikası, Spektrum İhalesi.

JEL Kodları: L96, O33, G31

INTRODUCTION

The telecommunications sector has long served as the backbone of economic development, technological innovation, and societal progress globally. As the digital economy rapidly accelerates, the deployment of advanced wireless technologies such as 5G marks a pivotal juncture (Parcu et al., 2023; Vu et al. 2020). Since 5G offers ultra-low latency with enormous bandwidth opportunities and very high reliability, apart from previous generations, this technology was expected to boost a wide range of novel industry verticals and create additional job openings all over the world. However, the actual outcomes, especially for mobile operators, show that they are far below expectations (Weissberger, 2023). In addition, the high charges given for 5G licenses also impose additional financial burdens on operators. Since the spectrum license auctions are one of the major income resources of governments; 5G deployments forces cellular operators to invest extensive costs on new infrastructures (Whalley and Curwen, 2024).

Community pressure is likewise a major factor on regulatory bodies and network operators for investment decisions. Since, it is uncertain whether there is a quick financial return for the mobile operators from deploying 5G networks, the auction and deployment process for 5G spectrum grants prospects to overcome the digital divide (Rastogi, 2022). The auction of 5G spectrum is a structured and regulated process through which governments allocate valuable radio frequency bands to telecommunication operators. This process is essential for fostering innovation, competition, and economic growth while ensuring efficient utilization of spectrum resources. By auctioning 5G spectrum, governments can promote innovation, economic growth, and technological advancement by enabling faster, more reliable, and efficient communication services. These auctions generate significant revenue for governments, which can be reinvested in infrastructure development or other public initiatives (Mendanço et al., 2022).

National authorities accomplish 5G spectrum auctions considering some specific goals such as efficient spectrum use, equitable access and wider penetration in coverage and population. While regulatory bodies intend to confirm efficient spectrum utilization, they also promote reasonable and fair utilization of domestic spectrum sources. Additionally, higher population coverage can be stated as a priority, with access to spectrum for private networks in beyond 5G vertical industries which is a novel concept in telecom sector (Bichler & Goeree, 2017).

Türkiye, with its strategic geopolitical position and burgeoning digital agenda, aims to position itself as a technology provider in this ecosystem. The upcoming 5G deployment in 2026 represents a critical milestone, with the potential to transform domestic connectivity infrastructure and influence the regional competitive balance. Historically, broadband deployments worldwide have predominantly prioritized maximizing government revenues and broadening network coverage. However, recent shifts in policy paradigms, especially highlighted by leading economies, currently emphasize fostering local industry growth alongside efficient spectrum utilization (Papadias et al., 2020).

Türkiye's regulatory authorities are adopting a strategic approach, with a pronounced focus on promoting indigenous technology development and local manufacturing capacities (UAB, 2023). This aligns with global trends where governments aim to secure technological sovereignty, reduce dependence on foreign vendors, and establish resilient supply chains (ETSI, 2020). The Turkish Regulatory Authority (BTK) has announced requirements aimed at incentivizing domestic participation through strict local content, hardware, and software production criteria, reflecting a broader national policy objective (BTK, 2023).

This approach is motivated by multiple factors such as the need to enhance national security, foster innovation-driven economic growth, and increase participation in the emerging global supply chains of 5G infrastructure (OECD, 2021). Additionally, the increasing adoption of 5G technology on a global scale calls for a strategic framework that encourages domestic R&D, boosts employment in high-tech sectors, and ensures long-term technological sovereignty, particularly in critical areas such as IoT, autonomous systems, and smart city solutions (GSMA, 2020).

Balancing spectrum efficiency, fair competition, and local industrial development presents complex policy challenges. Effective spectrum utilization must incentivize innovation while maintaining market competitiveness and safeguarding national strategic interests. Besides, spectrum policies should extend beyond immediate fiscal gains, fostering an environment conducive to technological capability-building and industry competitiveness (Benkler et al., 2018).

As Türkiye heads towards for the 5G deployments, it faces both opportunities and challenges. Reducing local infrastructure complexities, fostering public-private investments, and ensuring regulatory coherence are critical for the successful

rollout of 5G services. By addressing these aspects, Türkiye aims to build a resilient and competitive 5G network, supporting its digital economy and aligning with international standards. The outcomes of this deployment will not only influence the future of Türkiye's telecom sector but also have broader implications for national economic and social development.

This paper explores how Türkiye's 5G deployment is set to influence the sector's growth trajectory, innovation capacity, and international positioning. It argues that the success of this deployment depends on carefully crafted policies that not only allocate spectrum efficiently but also catalyze local technological ecosystem development for improving digital productivity. Specifically, the work discusses potential policy instruments to optimize spectrum assignment, encourage domestic R&D, and attract foreign investments compatible with national sovereignty objectives (ETSI, 2020).

The commercial trajectory of 5G has increasingly drawn scholarly attention as deployment evidence accumulates globally. It has been seen that while 5G infrastructure investment generates positive spillover effects on GDP in early-adopter economies, the magnitude of these effects is highly heterogeneous across institutional contexts, with countries characterized by high financing costs and underdeveloped local vendor ecosystems consistently capturing lower returns (Sulemana et al, 2020). The 5G deployment outcomes will likely influence the country's digital infrastructure, impacting economic growth, national security, and regional competitiveness. Under the consideration of spectrum management's critical role for shaping Türkiye's long-term digital strategy, this research provides timely insights for policymakers, industry stakeholders, and academia aiming to foster a resilient, innovative, and globally competitive telecommunications sector.

This research is structured as follows. Section 2 provides a comprehensive overview of the telecommunications market in Türkiye, detailing historical network generations, current subscriber and revenue dynamics, market structure, and key infrastructure metrics to establish the context for the analysis. Section 3 delves into the historical background of spectrum auctions and planning in Türkiye, reviewing the processes and outcomes for 2G, 3G, 4.5G (LTE), and 5G auction, highlighting evolving regulatory approaches. Section 4 presents the core productivity analysis. It introduces the investment efficiency ratio (IER) methodology,

analyzes historical efficiency trends in relation to technological transitions and macroeconomic factors, and projects the financial viability of 5G investments under current conditions. Finally, Section 5 concludes the study by synthesizing the key findings, discussing their strategic implications, and proposing a targeted policy framework to bridge the identified 5G viability gap and support Türkiye's ambitions for technological sovereignty.

1. TELECOM MARKET OVERVIEW IN TÜRKİYE

Türkiye has an ecosystem that can closely adapt the developments in the mobile communication sector and immediately devote systems into practice. While 2G systems were first commercially tested in 1991 through the world, 2G began to be commercialized in Türkiye in 1994. However, it is seen that the gaps between the world and the commercialization times have increased with 3G. It is seen that 3G, which was commercialized in the early 2000s around the world, it was commercialized in Türkiye in 2009 (BTK,2024). Lag in 3G adoption compared to early-adopter economies suggests that while Türkiye demonstrates strong adaptive capacity in telecommunications, systemic barriers, including regulatory timing, spectrum allocation delays, and macroeconomic conditions, have historically constrained the pace of generational transitions. Understanding this pattern is essential for anticipating similar bottlenecks in the forthcoming 5G rollout.

Türkiye started using LTE technology on April 1, 2016, to meet the increasing capacity demand and coverage area needs. Hence LTE offers more data capacity, higher speed and lower latency compared to previous technologies. These services are provided in Türkiye by Turkcell, Türk Telekom and Vodafone, which are the local mobile network operators in Türkiye. As the next step through the evaluation of mobile communication, the 5G spectrum auction and deployment on the field are eagerly awaited by national and international stakeholders (BTK, 2024). The market consolidation of three dominant operators creates a concentrated but relatively stable investment environment. However, this structure also means that the financial health and strategic orientation of each operator will disproportionately determine the speed and geographic depth of 5G coverage.

Frequency bands of 5G operate across multiple frequency bands, including low sub-1 GHz, mid 1-6 GHz, and high mmWave 26-28 GHz frequencies. Low band provides wide coverage with throughput. However, mid-band balances

between coverage and throughput. Whereas high band offers ultra-fast speeds but limited coverage and penetration (Ausubel & Baranov, 2017). In Türkiye, in a parallel manner 5G auction covers spectrum in 700MHz low band and 3500 MHz mid band frequencies (AA, 2025). This two-band approach reflects a pragmatic deployment strategy while the 700 MHz band will enable cost-effective nationwide coverage and 3500 MHz band targets higher-capacity urban corridors. Notably, the exclusion of mmWave spectrum from the initial auction plan indicates that Türkiye is prioritizing broad accessibility over maximum throughput at this stage, which aligns with the coverage-first strategies observed in comparable middle-income economies.

Since Türkiye has close commercial ties and geographic proximity with Europe, the 5G deployment models for Türkiye should be projected from European instances. The European Commission announced its initial 5G Action Plan in 2016 including main concerns, and objectives to deploy 5G networks through EU member states (European Commissions, 2016). The EU 5G policy contains deployment of 5G in all populated zones by 2030 and implementing 5G corridors through member states that will expand network security, boost competition between vendors via avoiding dependance on any vendor and encouraging domestic 5G network equipment capabilities. The European Commission labeled three forerunner frequency bands for 5G utilization that the countries can regulate the same technical specifications and network vendors can manufacture systems that operate at the common frequencies bands which are low-band 700 MHz, mid-band 3.6 GHz [3.4 to 3.8 GHz], and high-band 26 GHz [24.25 to 27.5 GHz] (Lee et al., 2023). Türkiye's alignment with these harmonized frequency bands carries a strategic advantage beyond mere technical interoperability. It positions Turkish operators to procure equipment from a broader pool of international vendors operating at these standard frequencies, which can moderate capital expenditure and reduce supply chain concentration risks. Furthermore, the EU's emphasis on vendor diversification resonates with Türkiye's own stated ambitions for technological sovereignty in network infrastructure.

By the end of 2025's first half, a total of 96,487,051 mobile subscribers are available in Türkiye, including machine-to-machine (M2M) subscribers, corresponding to a penetration rate of approximately 112.6%. Excluding machine-to-machine (M2M) and the 0-9 age group, the mobile penetration rate is 115%. Türkiye has become the country that makes the most calls on mobile phones among

European countries as of 2025, with an average monthly mobile usage time of 473 minutes (BTK, 2025). This exceptional usage intensity, the highest in Europe by this metric, underscores the degree to which mobile connectivity has become embedded in daily economic and social activity in Türkiye. Such demand depth is a strong structural signal for operators. The user base is not only large but demonstrably active, which provides a commercially favorable foundation for monetizing the enhanced service tiers that 5G will enable. This high penetration implies that the Türkiye's mobile market is dynamic, however there is still a long way to go and open to innovation with new generation mobile services.

Although first generation of mobile systems are out of service, the remaining systems from 2G – 3G and LTE are still active across the country. The number of 3G subscribers decreased to 4,829,995 while the number of LTE subscribers is 89,513,414. The number of mobile broadband subscribers receiving internet service from mobile computers and mobile phones, together with 3G and LTE services is 76,633,414. The total amount of mobile internet usage is 3,986,733 TBytes and the number of M2M subscribers is 11.2 million (BTK, 2025). The overwhelming dominance of LTE, accounting for many active mobile broadband subscriptions, confirms that the existing infrastructure has reached a mature stage. This maturity is a double-edged dynamic for 5G: on one hand, it suggests that further productivity gains from LTE optimization are marginal, making the case for a new technological cycle more compelling; on the other hand, the continued presence of 3G highlights that legacy network maintenance costs will persist in parallel with 5G investment, placing additional pressure on operator capital allocation.

The number of prepaid mobile broadband subscribers is 13,320,517 while the number of postpaid mobile broadband subscribers is 61,866,273. It is observed that 20.3% of mobile subscribers are prepaid subscribers, and the rate of postpaid subscribers has increased from 75.8% to 79.7% in the last year (BTK, 2025). This shows that the mobile network operators have constant income models based on the monthly subscriber payments. The sustained shift toward postpaid subscriptions is a noteworthy structural development. Postpaid models generate more predictable and recurring revenue streams for operators, which in turn can improve access to debt financing and reduce the perceived risk premium on long-term infrastructure investments. From a 5G investment readiness perspective, a market with a growing postpaid base provides operators with a more stable cash

flow profile against which large capital expenditures can be planned.

The mobile communication market is dominated by the 3 local network operators. Turkcell has a share of 40.1%, Vodafone has a share of 30.3%, and TT Mobil has a share of 29.6% in terms of subscriber numbers. When market shares are examined according to revenue as of the first half of 2025, it is seen that Turkcell's market share is 40.6%, Vodafone's market share is 35.1%, and TT Mobil's market share is 24.4%. According to revenue obtained from subscribers as of 2025, Turkcell's market share is 42.9%, while Vodafone and TT Mobil's market shares are 30.7% and 26.4%, respectively (BTK, 2025). This depicts that Turkcell's deployment strategy is the major driver for mobile vendors, and the market is driven by this policy. Besides, it suggests that Vodafone has been more successful in monetizing its subscriber base through premium-tier services.

Voice revenue constitutes 6.2% of TT Mobil's revenues, 8.7% of Vodafone's revenues, and 7% of Turkcell's revenues. SMS and MMS revenues create 23.6% of TT Mobil's revenues, 5.5% of Vodafone's revenues, and 2.2% of Turkcell's revenues. Data revenues form 67.4% of TT Mobil's, 85% of Vodafone's, and 89.7% of Turkcell's (BTK, 2025). This clearly indicates that data communication is the major source of revenue for MNOs, and they need to invest more in the data infrastructure.

In 2024, monthly revenue per subscriber is 299.7 ₺, for Turkcell, 284.6 ₺, for Vodafone, and 250.4 ₺ for TT Mobil. As of 2022, mobile Average Revenue Per User (ARPU) was 15 € in Europe, as opposed to 42.5 € in the USA, 26.5 € in South Korea, and 25.9 € in Japan (BTK, 2025) (ETNO, 2024). Since 5G deployment is costly and needs initial investment, MNOs and vendors desire additional motivation to make this investment. Although consumer spending on telecom services and devices is under pressure due to financial effects from large-scale job losses and restricted disposable incomes, the critical nature of telecom services, both for general communication and as a tool for homeworking, private networks for manufacturing etc. is expected to offset such pressures. This should result in a steady, though reduced, increase in subscriber growth in many markets and motivate the MNOs to deploy 5G throughout the country.

The expansion of infrastructure will naturally occur due to increasing demand as the 5G is deployed in the field. Figure 1 shows the increment of fiber optic infrastructure length over time in Türkiye. By the end of first half 2025, fiber optic

infrastructure in Türkiye extends to 637.7 thousand km. As it's assumed that the current routine is maintained, it is expected that it will exceed 850 thousand km by the end of 2028. The continued growth of fiber backhaul infrastructure is not merely a complementary development while it is a prerequisite for the dense, low-latency performance that 5G promises, particularly for mid-band deployments. The projected trajectory suggests that the physical backbone capacity will be broadly sufficient to support initial 5G rollout phases. Nevertheless, the distribution of fiber density across urban and rural areas will ultimately determine how equitably 5G coverage and its associated productivity benefits are realized across different regions of Türkiye.

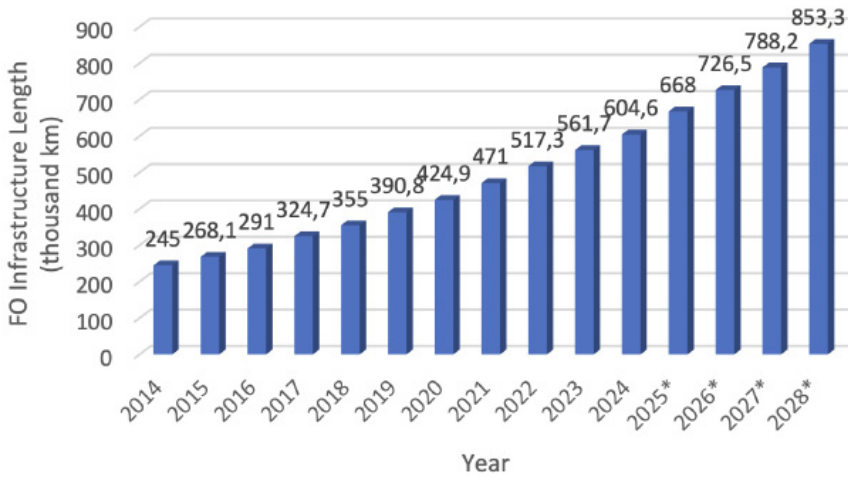


Figure 1. Fiber Optic Infrastructure Length in Türkiye

*Indicates the projection for the upcoming years

Figure 2 compares the number of 2G, 3G and 4.5G mobile subscribers and penetration rates by year. It can be seen from the figure that LTE is the major communication method for broadband and 2G is still active for three decades passed from its roll-out. In addition, machine-to-machine communication has the highest rate of annual increase in recent years. This yields the significance of IoT communication for the future projection and economic improvement based on the digitalization of economy.

Various factors such as economic status, education level, demographic structure, urban population, availability of ICT infrastructure, ICT cost, and institu-

tional environment variables can be mentioned as the key determinants for augmenting internet penetration rate. (Al Hammadany and Heshmati, 2011). The most vigorous findings of the econometric evaluations indicate that real GDP per capita and employment rate have a positive impact on internet diffusion. Moreover, the level of contents in local language and English proficiency among the population is a vital factor driving the internet penetration rate. Additionally, as the major driver advanced and continuously upgraded ICT infrastructure, accompanied by low ICT equipment/installation costs, is another propeller of mobile penetration. Finally, a regulatory framework advancing the local sector has also an encouraging effect on mobile penetration (Edquist, 2022).

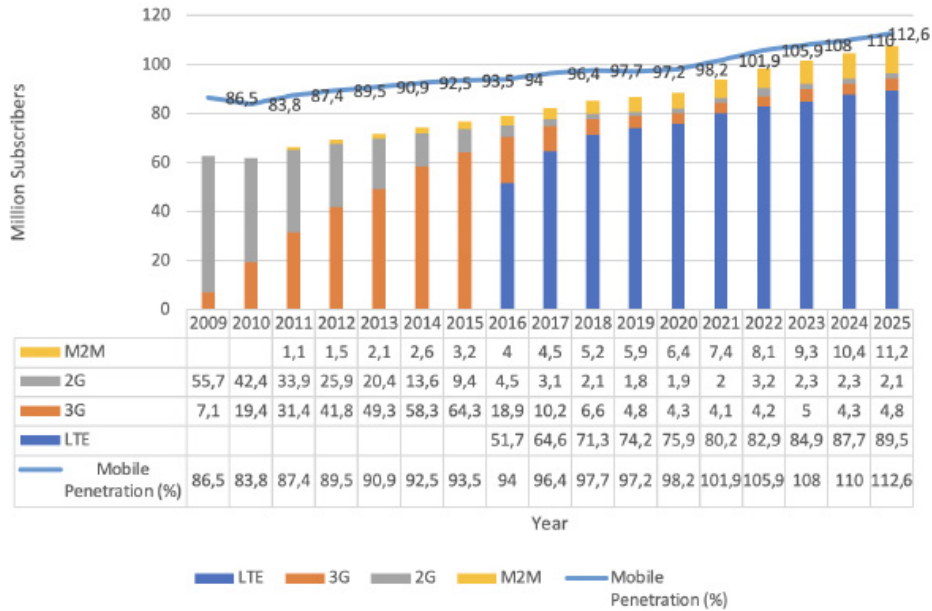


Figure 2. Total Number of Mobile Subscribers and Penetration by Population in Türkiye

As seen in Figure 3, it is compared the mobile penetration rates of Türkiye and various European countries and the highest mobile penetration rates among European countries are Finland, Denmark, Germany, Austria and Italy. The average mobile penetration rate of the EU countries examined is approximately 133%. However, the mobile penetration rate is 112.6% and needs to be increased with the further deployment of 5G in Türkiye.

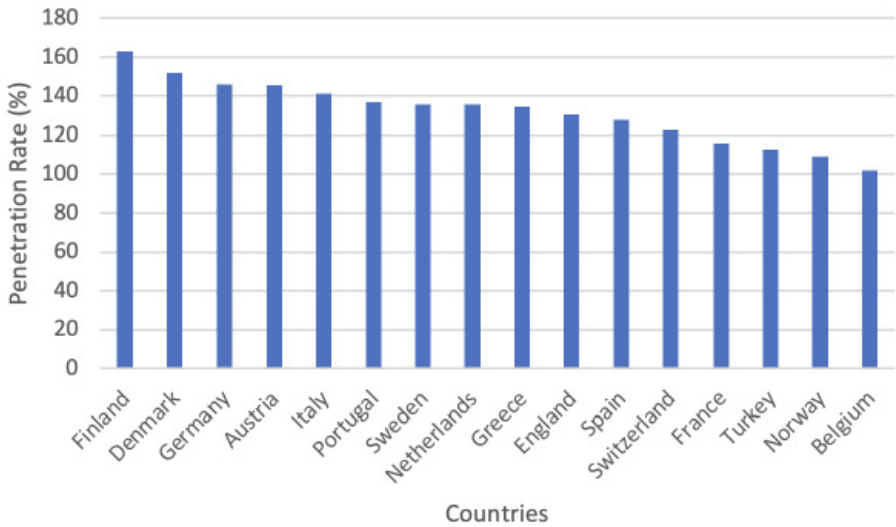


Figure 3. Penetration Rate Comparison of Türkiye with European Countries

Table 1 presents the annual net sales and capital investments of Türkiye’s three licensed mobile network operators, TT Mobil, Turkcell, and Vodafone, denominated in Euros according to IFRS reporting standards, covering the period from 2014 to the first half of 2025. Several structural patterns warrant close attention. The year 2015 stands out as a singular inflection point while investment figures across all three operators surged dramatically, with TT Mobil recording a fivefold increase from its 2014 level and Turkcell nearly quintupling its annual investment. This synchronized investment spike directly reflects the LTE spectrum auction of September 2015, confirming that spectrum licensing events act as primary triggers for capital expenditure cycles in the Turkish telecom sector. Following this peak, investment levels normalized across 2016–2020, yet the revenue figures did not recover proportionally, partly reflecting the persistent depreciation of the Turkish Lira against the Euro. The 2025 data suggest a recovery trajectory in both sales and investment, likely anticipating 5G rollout. Notably, the persistent gap between Turkcell’s revenue leadership and TT Mobil’s lower investment-to-revenue ratio across the decade implies divergent capital efficiency strategies among operators.

Table 1. The Annual Net Sales and Investments of 3 Local MNOs in Türkiye

	Annual Net Sales (Million EUR)			Annual Investment (Million EUR)		
Year	TT Mobil	Turkcell	Vodafone	TT Mobil	Turkcell	Vodafone
2014	1,484.01	3,224.81	2,321.91	269.13	468.00	324.50
2015	1,645.54	3,333.19	2,792.11	1,362.39	2,243.77	1,276.70
2016	1,726.53	3,168.94	2,998.77	370.25	562.00	350.49
2017	1,615.39	2,959.92	2,664.93	239.88	503.72	239.23
2018	1,336.41	2,505.57	2,279.57	228.24	422.35	195.43
2019	1,408.22	2,544.77	2,176.13	262.79	775.81	202.48
2020	1,229.86	2,238.47	1,885.09	282.24	767.62	163.66
2021	1,095.25	1,991.89	1,703.74	236.32	553.23	182.52
2022	941.24	1,730.05	1,537.66	226.20	454.22	160.95
2023	1,163.89	2,117.84	1,909.32	275.28	661.09	235.04
2024	1,657.20	3,045.49	2,514.85	351.42	727.50	351.11
2025*	1,008.50	1,653.36	1,444.39	179.48	367.05	166.31

* Data for 2025 represents the first half of the year.

The annual investment/net sales ratio for the last 10 years is shown in Figure 4. The average investment ratios are %27 for Turk Telekom Mobile, %28 for Turkcell and %14 for Vodafone respectively. Besides the highest investment ratios belong to 2015 which is the year before LTE is actively get into operation in Türkiye. LTE auction is accomplished on 26.09.2015 and the service became available on 01.04.2016. Thus, local MNOs in Türkiye completed their investments and technical preparation in the year that LTE Auction is done.

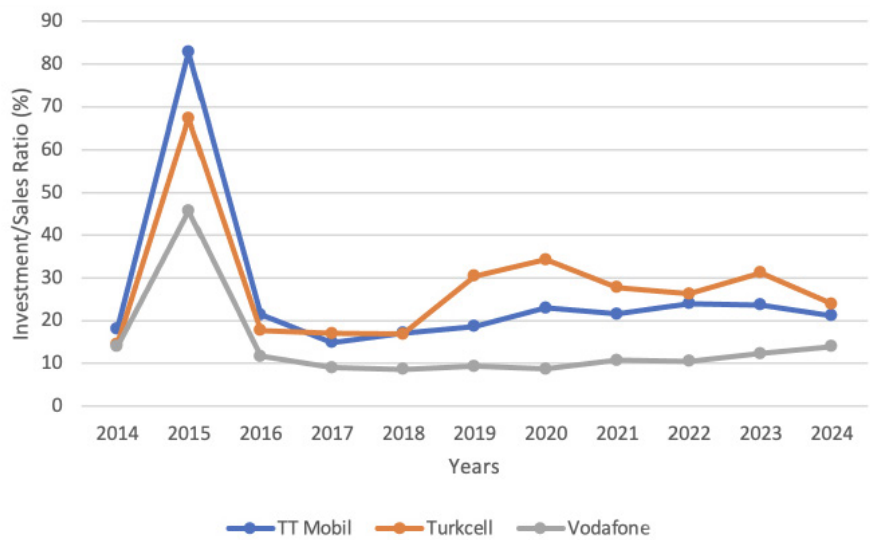


Figure 4. The Annual Investment/Net Sales Ratio for The Last 10 Years

One significant factor for infrastructure investment is considered as the interest rates, since the MNOs need financial resources for upgrading their systems. Figure 5 denotes the annual interest rates in Türkiye for the last 10 years. For telecom operators whose investment programs require multi-year capital commitments financed through debt lending rates at these levels transform investment calculus fundamentally. The annual financing cost of a €2.52 billion 5G spectrum commitment approaches €1 billion at 40% rates, nearly extinguishing the projected revenue uplift from 5G deployment.

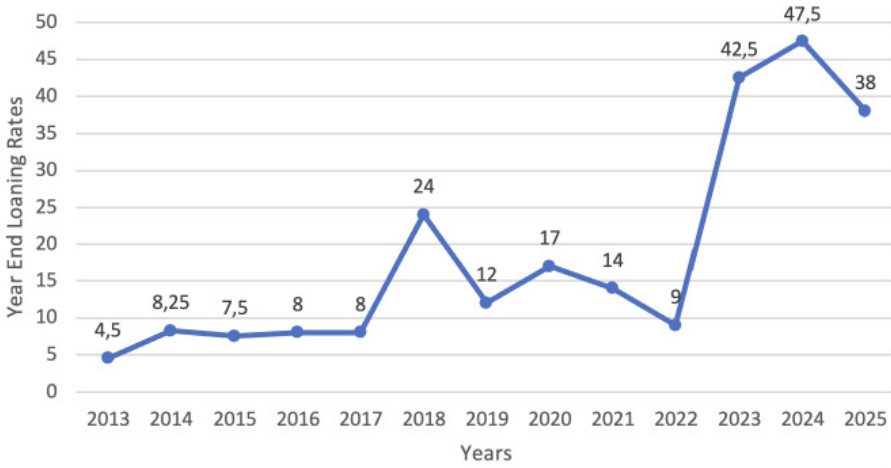


Figure 5. The Annual Loaning Rates for the Last 10 years in Türkiye

Significant local parameters those show the depth and progress of the ICT sector in Türkiye can be defined as the number of operators in the electronic communications sector and the number of authorizations these operators have. These numbers indicate the attractiveness of the sector and the success of regulatory institutions in providing market diversity. Figure 6 depicts the annual variation of ICT market players in Türkiye. The correlation between Figures 4 and 6 indicates the investment periods of the telecom sector are related to the frequency license auctions. For the 5G era, this pattern suggests that the 2025 spectrum auction is likely to stimulate a new wave of authorizations in segments such as private network operators, neutral host infrastructure providers, and edge computing service companies all of which are essential components of the industrial 5G ecosystem that Türkiye's policy framework aims to cultivate.

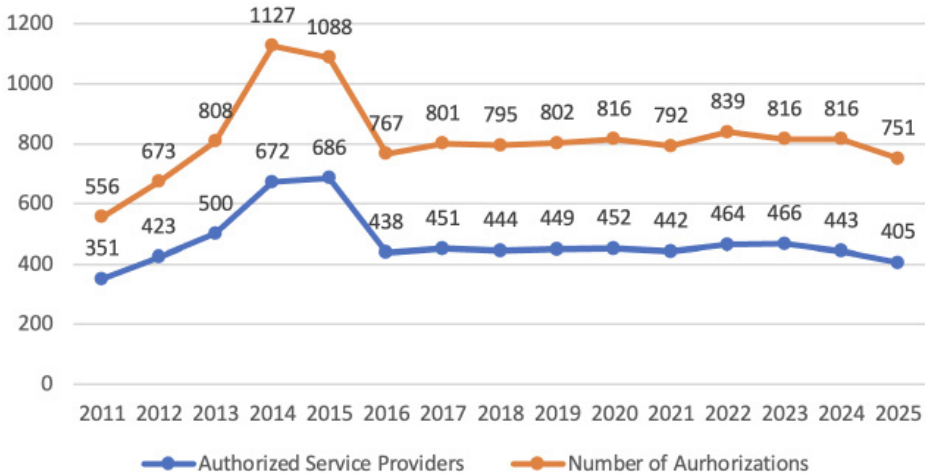


Figure 6. The number of operators in Türkiye’s electronic communications sector and yearly authorization number

3. SPECTRUM AUCTIONS AND PLANNING IN BROADBAND SYSTEMS

5G spectrum auctions and the widespread adoption of ICT infrastructure serve as strategic instruments for structural transformation in national economies, extending beyond mere revenue generation to fostering long-term productivity and innovation (Georges, 2017). While proceeds from spectrum allocation can fund public infrastructure investments, the deployment of 5G networks significantly enhances operational efficiency, automation, and data-driven decision-making across various sectors from manufacturing and healthcare to smart agriculture and logistics. With its low latency, high connectivity capacity, and extensive IoT integration, 5G technology optimizes business processes, reduces operational costs, and enables new business models and digital services. This technological progress also promotes the upskilling of the workforce in digital competencies, revitalizes R&D ecosystems, and enhances technology-driven exports, thereby offering sustainable contributions to economic growth. Therefore, effective spectrum policy and widespread ICT infrastructure constitute fundamental determinants of a country’s digital competitiveness and directly support macroeconomic productivity gains (Vu et al., 2020).

3.1. Historical Background in Türkiye

The development of mobile communication in Türkiye based on the GSM system commenced with the launch of Turkcell services in February 1994 couple years after the first GSM deployment in 1991. Subsequently Telsim, currently operating under Vodafone brand, began providing services. On April 27th, 1998, the Ministry of Transportation and Communications signed 25-year GSM license agreements with both Turkcell and Telsim, each for a consideration of \$500 million. In 2004, another license, operating in the 1800 MHz band, was auctioned and awarded to a consortium brand name Aria, currently operating as Turk Telekom, and a third GSM operator was established in Türkiye.

Table 2. 3G License Auction Outcomes in Türkiye

Packet ID	Bandwidth (MHz)	Cost (Million Euro)	MNO
A	45	358	Turkcell
B	35	250	Vodafone
C	30	214	Turk Telekom
Total	110	822	

Table 2 summarizes the outcome of Türkiye’s 3G licensing auction, conducted in 2008, which distributed 110 MHz of spectrum in the 2100 MHz band among the three incumbent operators at a combined cost of €822 million. The allocation followed a straightforward capacity-tiered structure, with Turkcell acquiring the largest bandwidth package (Type A, 45 MHz) at the highest price (€358 million), while Turk Telekom and Vodafone obtained progressively smaller allocations at lower cost. Several observations are notable. First, the total auction revenue of €822 million, while substantial for the period, stands considerably below the €3.36 billion generated by the 2015 LTE auction, reflecting both the lower strategic valuation of 3G spectrum at the time and the more limited competitive dynamics of a three-bidder market for pre-assigned package types. Second, the proportional bandwidth distribution while Turkcell receiving 41% of total spectrum, Vodafone 32%, and Turk Telekom 27%, established an asymmetric spectrum endowment that partially explains the divergence in subsequent network performance and subscriber growth trajectories.

Table 3. General Features of the 4.5G Frequency Auction in Türkiye

Packet ID	Frequency	Band-width (MHz)	Cost (Million Euro)	MNO
A1	800 MHz FDD	2x10	390	Vodafone
A2	800 MHz FDD	2x10	380	Turk Telekom
A3	800 MHz FDD	2x10	373.9	Turkcell
B1	900 MHz FDD	2x7.6	216.8	Turk Telekom
B2	900 MHz FDD	2x1.4	39.9	Vodafone
B3	900 MHz FDD	2x1.4	39.9	Turkcell
C1	1800 MHz FDD	2x29.8	430	Turkcell
C2	1800 MHz FDD	2x20	310	Turk Telekom
C3	1800 MHz FDD	2x10	95.1	Vodafone
D1	2100 MHz FDD	2x5	160	Turkcell
D2	2100 MHz FDD	2x5	188	Turkcell
D3	2100 MHz FDD	1x10	35.66	Turkcell
E1	2600 MHz FDD	2x25	384	Turkcell
E2	2600 MHz FDD	2x15	240	Vodafone
E3	2600 MHz FDD	2x10	25.86	Turk Telekom
E4	2600 MHz FDD	2x10	Not Sold	Not Sold
F1	2600 MHz FDD	1x15	22	Turk Telekom
F2	2600 MHz FDD	1x10	12.9	Vodafone
F3	2600 MHz FDD	1x10	12.9	Turkcell
F4	2600 MHz FDD	1x5	Not Sold	Not Sold
Total		390.4 MHz	3,357 €	

In Table 3, general characteristic features of LTE frequency auction executed in 2015 are given. As compared with 2G and 2G, LTE frequency planning was more complicated and both FDD and TDD duplexing methods are activated simultaneously. Additionally, E4 and F4 packets are auctioned to promote the novel operators in Türkiye market. However, these frequency slots are stated unsold. E4 and F4 packages were dedicated frequency bands to encourage new telco players and more operators in Türkiye's mobile communications sector. However, the sector's heavy infrastructure investment requirements and the financial tightening experienced in Türkiye in the last decade do not allow for the emergence of new players. This situation will also be decisive in determining the payment methodology that current operators will prefer for frequency bands during the 5G auction process.

Although the first commercial LTE deployment among the world was in 2009, in Türkiye the 4.5G frequency licensing auction is enacted in 2015, and the first signal is transmitted in 2016. The main reasons for delays in nationwide 3G and 4.5G deployments compared to worldwide ones are expressed as the high investment costs, gradual return rates and lack of localization activities. As of mid-2025, the 5G auction timeline has not been released precisely and this can lead further delays on auction and roll-out of 5G in Türkiye.

Furthermore, due to the 20-year license agreements for 3G, awarded in 2009, and the 14-year agreements for 4.5G, awarded in 2015, these licenses are both set to expire around 2029. The fact that these licenses end in different years poses significant operational and regulatory challenges, thus the regulatory institute BTK organizes all licenses to end in 2029.

It is imperative to revise and harmonize the licensing agreements so that they conclude simultaneously. There is a considerable risk of service disruptions without such regulations, which could lead to a complete shutdown of 2G and 3G networks. Ensuring a coordinated and timely renewal of licenses is therefore vital for maintaining uninterrupted mobile communication services and safeguarding Türkiye's digital infrastructure in the coming years.

In Table 4, general characteristic features of 5G frequency auction executed in 2025 are given. As compared with LTE frequency planning, 5G bands are in 700 MHz and 3500MHz and both FDD and TDD duplexing methods are activated. Although 5G auction is completed in 2025, the initial signaling for 5G is planned for April 2026.

Table 4. General Features of the 5G Frequency Auction in Türkiye

Packet ID	Frequency	Band-width (MHz)	Cost (Million Euro)	MNO
A1	700 MHz FDD	2x10	366.67	Turkcell
A2	800 MHz FDD	2x10	364.10	Vodafone
A3	800 MHz FDD	2x10	363.25	Turk Telekom
B1	3500 MHz TDD	1x80	182.91	Turkcell
B2	3500 MHz TDD	1x80	178.63	Turk Telekom
B3	3500 MHz TDD	1x80	171.79	Vodafone
B4	3500 MHz TDD	1x20	159.83	Turkcell
B5	3500 MHz TDD	1x20	158.97	Turkcell
B6	3500 MHz TDD	1x20	177.78	Turkcell
B7	3500 MHz TDD	1x20	181.20	Turk Telekom
B8	3500 MHz TDD	1x20	211.97	Turk Telekom
Total		400 MHz	2,517 €	

3.2. Comparative Situation Analysis: Türkiye in the Global 5G Deployment Context

The global 5G deployment landscape offers a rich set of reference cases against which Türkiye’s strategic positioning, deployment challenges, and realistic outcome expectations can be calibrated. As of mid-2025, the countries with the most mature 5G ecosystems can be listed as South Korea, the United States, China, Japan, and several EU member states. These countries have completed between four and seven years of commercial 5G operation, generating a substantial body of empirical evidence regarding deployment costs, revenue trajectories, and productivity effects.

South Korea launched commercial 5G services in April 2019 and has since achieved the world’s highest 5G penetration rate, with approximately 30 million active 5G subscribers out of a population of 52 million by 2023 (Weissberger,

2023). The South Korean case is instructive for Türkiye primarily as a cautionary benchmark. Despite world-leading penetration rates, Korean operators such as SK Telecom, KT, and LG U+ have consistently reported that 5G revenues fell short of initial projections through 2023, largely because premium 5G-specific applications and services failed to materialize at the anticipated pace among mass-market consumers. Revenue recovery began only when operators pivoted toward B2B private network deployments in manufacturing and logistics sectors, aligning 5G monetization with industrial use cases rather than consumer broadband. This trajectory suggests that Türkiye should structure its 5G business case around industrial verticals and M2M applications from the outset, rather than assuming consumer revenue uplift alone will justify the investment.

China represents the largest-scale 5G deployment in absolute terms, with over 3.5 million base stations installed and more than 850 million 5G connections by end-2024, driven by a coordinated state-industry investment strategy that circumvents many of the financing cost challenges facing Turkish operators (GSMA, 2025). The Chinese deployment model, characterized by deep integration between state-owned operators, domestic equipment manufacturers and government financing mechanisms, reduced per-base-station deployment costs significantly below international benchmarks. While the state-ownership model is not directly replicable in Türkiye's market structure, the Chinese case provides strong empirical support for the combination of local content requirements, government-backed financing, and coordinated spectrum award mechanisms demonstrably accelerates deployment timelines and reduces per-unit capital costs.

Germany offers perhaps the most directly comparable European reference case for Türkiye's deployment context. Germany's 5G rollout, which began in commercial earnest following the 2019 spectrum auction, has been characterized by slower-than-projected coverage expansion particularly in rural areas due to high infrastructure sharing fragmentation, stringent permitting requirements, and financing constraints facing Deutsche Telekom, Vodafone Deutschland, and Telefónica Deutschland. By 2024, Germany had achieved 5G outdoor coverage for approximately 95% of the population in populated areas, but indoor penetration and rural corridor coverage remained substantially below EU targets (ETNO, 2024). The German experience directly resonates with Türkiye's structural challenge in which a three-operator market with differentiated investment strategies, significant rural-urban coverage disparities, and infrastructure dep-

loyment bottlenecks that are at least as much regulatory and logistical in nature as they are financial. The policy response in Germany including mandatory infrastructure sharing obligations, streamlined permitting procedures, and EU-funded coverage subsidies for uneconomic rural zones provides a practical template for the regulatory flexibility measures proposed in this study's policy framework.

Finland and Sweden, as the pioneering European 5G adopters, demonstrate what is achievable when financing conditions, regulatory frameworks, and vendor ecosystems are favorably aligned. Both countries achieved meaningful 5G commercial coverage within short time of their respective spectrum auctions, supported by long-standing relationships with domestic equipment, relatively low financing costs in the Eurozone environment, and mature wholesale infrastructure sharing markets that reduced duplication in passive infrastructure investment. Crucially, their ARPU levels where Finland's mobile ARPU of approximately €22–25 at 5G launch provided sufficient revenue per user to sustain the investment case even without immediate B2B uplift. The contrast with Türkiye's EUR-equivalent ARPU, estimated at €5–8 at current exchange rate, quantifies one of the most fundamental challenges facing Turkish operators. The revenue base per subscriber is structurally insufficient to support 5G deployment at European cost levels without explicit financial support mechanisms.

4. PRODUCTIVITY ANALYSIS AND STRATEGIC IMPLICATIONS OF 5G INVESTMENT

4.1. Investment Efficiency in Broadband Technologies

The investment efficiency ratio is a powerful metric to assess how effectively telecom operators convert infrastructure investments into revenue. This ratio is calculated for operator in year as:

$$IER_{it} = \frac{\text{Annual Net Sales}_{it}}{\text{Annual Investment}_{it}} \quad (1)$$

In practical terms IER indicates how much an investment generates a return in annual revenue. The metric serves as a direct proxy for capital productivity in the telecom sector, where higher values signal more efficient use of investment

capital. To analyze trends over time and across operators, it's computed the sector-wide average IER:

$$\bar{IER}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N IER_{it} \quad (2)$$

where represents Türkiye's three major Mobile Network Operators (MNOs). This aggregation helps identify industry-wide patterns rather than operator-specific fluctuations. The analysis incorporates Türkiye's annual lending rate () as a critical contextual variable. The relationship between investment efficiency and financing costs can be expressed as:

$$IER_t = f(r_t, Tech_t) \quad (3)$$

where represents the technological generation in operation. It is expected that when the it represents that a newer technology improves efficiency and when Higher interest rates reduce efficiency. Table 5 presents the calculated values alongside for the period 2014-2025. The dramatic variations in these values particularly the 2015 minimum () during peak 4.5G investment and the 2017 maximum () during post-deployment efficiency gains provide natural experiments to test these expected relationships. evolves in response to major sector events such as technological transitions and macroeconomic conditions such as interest rate changes. In this concept, two crucial parameters can be quantified the technology dividend, , which is the permanent efficiency gain from generational upgrades and the financial friction coefficient which is the sensitivity of efficiency to financing costs. These parameters derived become essential inputs for evaluating the financial viability of future 5G investments, forming the core of this productivity analysis.

Table 5. Annual Investment Efficiency Trends and Financial Context (2014-2025)

Year	Avg. IER	Lending Rate	Efficiency Change
2014	6.52	11.75%	—
2015	1.63	10.75%	-75%
2016	6.28	9.12%	285%
2017	7.92	9.25%	26%
2018	7.82	21.31%	-1%
2019	6.46	17.06%	-17%
2020	6.27	12.43%	-3%
2021	5.86	17.90%	-7%
2022	5.84	12.62%	-0.30%
2023	5.18	28.18%	-11%
2024	5.36	48.00%	3%
2025	6.27	~40.00%	17%

The analysis of investment efficiency from 2014 to 2025 reveals two dominant patterns that carry crucial implications for 5G deployment. First, generational network upgrades demonstrably enhance capital productivity. The transition to 4.5G serves as a compelling case study, following substantial investment in 2015 that temporarily depressed efficiency ratios, operators experienced a remarkable recovery. By 2017-2018, average efficiency peaked at approximately 7.9, representing a near-quadrupling from the investment trough and a sustained 25% improvement over the pre-4.5G baseline. This efficiency dividend emerged as enhanced network capabilities enabled higher-value data services, improved customer experience, and supported innovative tariff structures. The historical precedent shows us that the advanced mobile technologies, once deployed and adopted, create significant operational value by allowing operators to generate more revenue from their capital base. However, the second pattern reveals a formidable challenge that the macroeconomic conditions, particularly financing costs, exert

powerful downward pressure on investment efficiency. The data shows a strong inverse correlation between lending rates and efficiency metrics. As interest rates climbed from 2021 onward reaching extraordinary levels of 28-48% in 2023-2024, average efficiency ratios correspondingly declined, falling to approximately 5.2. This relationship quantifies a critical vulnerability that high-cost capital erodes the financial returns on infrastructure investment.

As the financial viability projection for 5G investments is examined by translating these historical insights to the upcoming 5G deployment allows for a pragmatic viability assessment. The total committed investment from the 2025 spectrum auction stands at approximately €2.52 billion. Based on the 4.5G precedent, a conservative estimate suggests 5G could generate additional annual revenues of €1.08 billion representing a 15% uplift from 2024 levels. Under foreseen financing conditions, this would imply a desirable payback period of 2-3 years, making the investment unequivocally sound. With lending rates hovering around 40%, the annual financing cost for the 5G investment approaches €1.01 billion. This reduces the net annual benefit to a marginal €70 million, extending the payback period beyond a decade and severely jeopardizing the investment's economic rationale. The stark contrast concerning technological potential and financial reality creates a 5G viability gap which is the difference between what technology can deliver and what current financing conditions allow to be captured.

Bridging this viability gap requires targeted interventions that address the identified constraints. A three-pronged policy approach is suggested to reduce risks generated by this gap. First, financial de-risking mechanisms can be generated to reduce the sensitivity to interest rates. Access to lower-cost capital can be facilitated specifically for 5G rollout covering local products and supporting localization in high-tech development. This could take the form of state-backed credit guarantees, dedicated low-interest loan facilities through development banks, or graduated spectrum fee schedules that align payments with revenue generation. The objective is to reduce the effective cost of capital for 5G infrastructure to below 15%, a threshold that would restore investment's financial attractiveness.

Second, accelerating local ecosystem development offers a parallel cost-reduction pathway. The emerging domestic capabilities in network equipment present an opportunity to reduce upfront capital expenditure. Especially in defence sector for the past decade, it has been proved that local content integration can lower

procurement costs dramatically while simultaneously creating technology development benefits such as university-industry collaboration, higher employment rates, lower import metrics and higher export potentials. Thus, regulation policy should link spectrum allocation incentives to commitments for local equipment procurement and joint R&D initiatives with Turkish technology firms.

Finally, operational flexibility must be enhanced by regulatory frameworks which can permit and encourage innovative deployment models, such as private and phased rollouts prioritizing industrial zones and metropolitan corridors where demand and ROI are highest, and infrastructure sharing arrangements that reduce duplicate investments. Additionally, reserving spectrum for private enterprise networks could create immediate revenue streams for operators while accelerating digital transformation in key economic sectors.

4.2. Strategic Gains from Türkiye's Transition to 5G

The financial viability analysis presented in the preceding sections establishes the investment challenge associated with Türkiye's 5G deployment. However, a comprehensive strategic assessment demands equal attention to the gains from economic, industrial, geopolitical, and social perspective that a successful 5G transition can generate. These gains extend well beyond the direct revenue improvements captured by the investment efficiency ratio and represent a broader rationale for public policy support that cannot be justified purely on the basis of operator-level financial returns.

4.2.1. Economic Productivity and GDP Contribution

The macroeconomic literature provides robust evidence that broadband infrastructure investments generate positive spillover effects on total factor productivity that exceed the direct returns captured by operators (Czernich et al., 2011; Bertschek et al., 2015). For 5G specifically, the productivity premium is theorized to be substantially larger than previous generations because of its combination of low latency, massive device connectivity, and network slicing capabilities that unlock entirely new production paradigms in manufacturing, agriculture, and services. GSMA (2020) projects that 5G will contribute approximately \$2.2 trillion to global GDP by 2034, with emerging economies capturing a growing share as deployment matures. For Türkiye specifically, early modeling by the OECD

(2021) and sector-specific analyses suggest that full 5G penetration could add between 0.5% and 1.2% to annual GDP growth through productivity gains in manufacturing automation, smart logistics, and digital services that would accrue primarily to the broader economy rather than to telecom operators directly, providing the clearest justification for state co-investment in the deployment ecosystem.

4.2.2. Industrial Transformation and the Smart Manufacturing Dividend

Türkiye's manufacturing sector which accounts for approximately 22% of GDP and includes globally competitive positions in automotive, textiles, machinery, and electronics stands to gain disproportionately from 5G's private network capabilities. The deployment of campus networks in industrial zones, powered by 5G's ultra-reliable low-latency communications (URLLC), enables real-time process control, predictive maintenance, autonomous guided vehicles, and quality inspection systems that are not feasible over existing LTE or Wi-Fi infrastructure. Germany's automotive manufacturing experience provides a compelling reference where Volkswagen's deployment of private 5G networks in its Wolfsburg and Zwickau plants delivered a 30% reduction in unplanned downtime and a 15% improvement in production line efficiency within the first two years of operation. For Türkiye's Organized Industrial Zones (OIZ) of which there are 343 across the country, hosting over 60,000 manufacturing enterprises, 5G-enabled smart manufacturing represents a direct pathway to productivity improvements that can partially offset labor cost pressures and sustain the sector's international competitiveness.

4.2.3. Digital Services and the Platform Economy

5G's bandwidth and latency characteristics fundamentally alter the economics of digital content creation and delivery, augmented and virtual reality applications, cloud gaming, and telemedicine. Türkiye's large and young population with a median age of 32 and high smartphone penetration, constitutes a demographically favorable market for these next-generation digital services. The domestic digital economy, currently estimated at approximately 5.5% of GDP, has the potential to expand significantly under 5G conditions: mobile edge computing deployments enable latency-sensitive applications such as real-time language

translation, remote surgical assistance, and high-resolution video collaboration to function reliably over mobile networks for the first time. Each of these application categories represents not only direct consumer value but also potential export revenue if Turkish software and content companies can develop products optimized for 5G capabilities.

4.2.4. Technological Sovereignty and Domestic Industry Development

Perhaps the most strategically significant and most distinctively Turkish dimension of the 5G transition concerns the opportunity to develop domestic network equipment and software capabilities. BTK's local content requirements for the 5G auction (BTK, 2023) signal a deliberate policy intent to use spectrum allocation as an instrument of industrial policy, compelling operators to source a defined proportion of their network equipment from Turkish manufacturers. The defense sector precedent is instructive: Türkiye's investment in domestic defense industry capabilities over the past two decades covering radar systems, unmanned aerial vehicles, and communication equipment generated technology spillovers, skilled employment, and export revenues that substantially exceeded the initial public investment. A parallel trajectory in civilian telecommunications is both feasible and strategically valuable, particularly given the growing global market for 5G-compatible equipment as the developing world proceeds with its own rollouts. Companies such as ULAK, Aselsan, Havelsan, Argela, Netas and HTK have already demonstrated capability in network systems. A structured 5G domestic content program could catalyze their evolution toward full network equipment supply chains, reducing Türkiye's long-term dependence on foreign vendors for critical communications infrastructure.

4.2.5. National Security and Critical Infrastructure Resilience

5G networks will increasingly underpin critical infrastructure systems such as power grid management, water distribution automation, emergency response coordination, and financial transaction processing. The security architecture of these networks, including the choice of vendors, the design of network slicing configurations, and the governance of data sovereignty, therefore carries national security implications that extend beyond commercial telecommunications policy. Türkiye's decision to align its 5G frequency planning with EU standards while

simultaneously pursuing domestic equipment development reflects an awareness of this dual commercial-security dimension. The EU's experience with the 5G vendor security toolbox which classifies high-risk vendors and imposes restrictions on their participation in radio access networks provides a regulatory model that Türkiye can adapt to its own strategic context, ensuring that the security architecture of its 5G infrastructure supports rather than compromises national sovereignty objectives.

4.2.6. Closing the Digital Divide

Finally, 5G deployment offers a structural opportunity to narrow the persistent digital divide between metropolitan and rural Türkiye. The 700 MHz low-band spectrum acquired in the 2025 auction provides coverage economics favorable to rural deployment with cell radius potentially exceeding 10 kilometers under favorable propagation conditions, a relatively modest number of base stations can extend broadband coverage to communities currently underserved by fiber infrastructure. Fixed wireless access (FWA) services based on 5G low-band spectrum have demonstrated in countries such as the United States and New Zealand that rural households can receive broadband speeds exceeding 100 Mbps through 5G connections, at deployment costs substantially below those of fiber-to-the-premises programs. For Türkiye's approximately 20 million rural residents, many of whom currently rely on copper DSL connections with speeds below 20 Mbps, 5G FWA represents a technologically achievable and economically rational pathway to digital inclusion by enforcing coverage obligations effectively as conditions of the spectrum licenses awarded in 2025.

Taken together, these strategic dimensions establish that the case for Türkiye's 5G deployment is not contingent solely on the operator-level financial returns. The cumulative economic, industrial, security, and social gains from a successful transition constitute a public value proposition that justifies policy interventions designed to bridge the identified viability gap by transforming the financial challenge documented in this study from an obstacle into an opportunity for coordinated public-private investment in Türkiye's digital future.

5. CONCLUSIONS

This study has provided a comprehensive productivity analysis of Türkiye's mobile network transitions, with a specific focus on extracting evidence-based lessons for the imminent 5G deployment. By employing a longitudinal panel dataset of Turkish MNOs and calculating the investment efficiency ratio, the research has quantitatively unraveled the complex interplay between technological advancement, operator efficiency, and macroeconomic constraints.

The analysis yields two pivotal, yet divergent, insights. First, it robustly confirms the technology dividend inherent in generational upgrades. The transition to LTE, despite a significant initial investment outlay in 2015, led to a substantial and sustained improvement in operator capital productivity, with the average IER peaking nearly 30% above pre-deployment levels. This historical precedent strongly suggests that 5G holds analogous potential to enhance operational efficiency, enable innovative high-value services, and drive revenue growth for operators.

However, the second and more pressing finding reveals a critical vulnerability, the severe sensitivity of this productivity to financing costs. The strong inverse correlation between domestic lending rates and investment efficiency quantifies a formidable financial friction. The current macroeconomic landscape, characterized by high interest rates, fundamentally challenges the financial viability of 5G. The financing cost for the €2.52 billion spectrum acquisition can nearly nullify the projected annual revenue uplift under harsh economic conditions, extending the payback period to economically unfeasible lengths and creating a stark 5G viability gap.

Therefore, the success of Türkiye's 5G deployment and its ambition to achieve technological sovereignty cannot be left to market forces alone under existing financial constraints. Bridging this viability gap necessitates a proactive, holistic, and integrated policy framework that moves beyond spectrum allocation to actively shape the investment ecosystem. The findings advocate for a three-pronged strategic approach including financial de-risking mechanisms, accelerated local ecosystem development and enhanced operational and regulatory flexibility.

While this study establishes a quantitative framework for evaluating 5G investment efficiency under macroeconomic constraints, several dimensions re-

main open for future investigation. As post-deployment data becomes available following Türkiye's 2026 5G launch, the Investment Efficiency Ratio projections presented here can be empirically tested and refined against actual operator performance. Besides the impact of 5G digitization for industrial companies can be analyzed with field data as a future work.

In conclusion, Türkiye stands at a digital crossroads. While the technological promise of 5G is undeniable, its economic and strategic benefits are contingent upon overcoming significant financial headwinds. The lessons from the LTE era proved that technological transitions boost productivity, but their financial sustainability is fragile. A successful 5G deployment that serves as a catalyst for broad-based digital growth and technological sovereignty requires a concerted effort. It demands a synergistic policy mix that intelligently de-risks investment, vigorously promotes local innovation, and fosters a flexible market environment. By adopting such an integrated framework, Türkiye can transform the 5G challenge into a foundational opportunity, securing its position in the evolving global digital economy.

REFERENCES

AA, Anatolian Agency, (2025). <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/5g-ihalesinde-en-yuksek-tekliflerin-toplam-tutari-3-milyar-534-milyon-dolar-oldu/3718486>

Al-Hammadany, F. H., Heshmati, A. (2011). Analysis of the Purpose of Using Internet in Iraq: A Multinomial Logit Model, *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, ScientificPapers.org, vol. 1(6), 1-41.

Ausubel, L. M., & Baranov, O. V. (2017). A practical guide to the combinatorial clock auction. *The Economic Journal*, 127(605), F334–F350.

Benkler, Y., et al. (2018). Next Generation Spectrum Policy: Balancing Economy and Security. *Communications & Strategies*.

Bertschek, I., Briglauer, W., Hüschelrath, K., Kauf, B., & Niebel, T. (2015). The Economic Impacts of Broadband Internet: A Survey. *Review of Network Economics*, 14(4), 201 - 227. <https://doi.org/10.1515/rne-2016-0032>.

Bichler, M., & Goeree, J. K. (2017). *Handbook of spectrum auction design*. Cambridge University Press.

BTK - Bilgi Teknolojileri Kurumu- Information and Communication Technologies Authority, (2023). Türkiye's 5G Spectrum Auction Regulations and Policies. Information and Communication Technologies Authority Report.

BTK - Bilgi Teknolojileri Kurumu- Information and Communication Technologies Authority, (2024), 2024 – 2028 Strategic Plan. <https://www.btk.gov.tr/uploads/announcements/bilgi-teknolojileri-ve-iletisim-kurumu-2024-2028-stratejik-plani-yayimlandi/btk-2024-2028-stratejik-plani.pdf>

BTK - Bilgi Teknolojileri Kurumu- Information and Communication Technologies Authority, (2025). Market Data for the 4th Quarter of 2024. <https://www.btk.gov.tr/pazar-verileri>

Cave, M. (2018). How disruptive is 5G? *Telecommunications Policy*, 42(8), 653–658.

Cave, M., & Nicholls, R. (2017). The use of spectrum auctions to attain multiple objectives: Policy implications. *Telecommunications Policy*, 41(5–6), 367–378.

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505–532.

Edquist, H. (2022). The economic impact of mobile broadband speed. *Telecommunications Policy*, 46. 1-12.

ETNO - European Telecommunications Network Operators' Association (2024). State of Digital Communications Report.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute). (2020). 5G and the Role of Regulatory Policies. ETSI White Paper.

European Commission (2016), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions—5G for Europe: An Action Plan, Brussels.

Georges H. (2017). The economic impact of the Internet penetration rate and telecom investments in Arab and Middle Eastern countries. *Economic Analysis and Policy* Volume 56, Pages 148-162.

GSMA (2020). The 5G Ecosystem: Opportunities for Developing Countries. GSMA Report.

Lee, M., Dimarogonas, J., Geist, E., Manuel, S., Schwankhart, R. A., Downing, B., (2023), Opportunities and Risks of 5G Military Use in Europe, RAND Cooperation, research report.

Mendonça, S., Dam'asio, B., de Freitas, L. C., Oliveira, L., Cichy, M., & Nicita, A. (2022). The rise of 5G technologies and systems: A quantitative analysis of knowledge production. *Telecommunications Policy*, 46(4).

OECD (2021). Digital Infrastructure and Sovereignty: Policy Issues for Emerging Economies. OECD Digital Economy Papers.

Papadias, C. B., Ratnarajah, T., & Slock, D. T. M. (2020). *Spectrum sharing: The next frontier in wireless networks*. John Wiley & Sons.

Parcu, P. L., Pisarkiewicz, A. R., Carrozza, C., & Innocenti, N. (2023). The future of 5G and beyond: Leadership, deployment and European policies. *Telecommunications Policy*, 47(9), 102622. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102622>

Rastogi, K. (2022). Role of 5G in the digital economy and how it is impacting the industry. *Stl Tech*.

Sulemana, I., Musah, A., & Huang, W. (2020). Role of information and communication technologies and innovation in driving carbon emissions and economic growth in selected G-20 countries. *Journal of Environmental Management*, 261, 110162. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110162>

UAB, (2023). A Roadmap Is Being Created for the Transition To 5G. Ministry of Transport and Infrastructure Press Bulletin. <https://hgm.uab.gov.tr/haberler/5g-ye-gecis-icin-yol-haritasi-olusturuluyor>.

Vu, K., Hanafizadeh, P., & Bohlin, E. (2020). ICT as a driver of economic growth: A survey of the literature and directions for future work. *Telecommunications Policy*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101922>. Article 101922.

Whalley, J., & Curwen, P. (2024). Creating value from 5G: The challenge for mobile operators. *Telecommunications Policy*, 48(2), 102647. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102647>

Weissberger, A. (2023). South Korea has 30 million 5G users, but did not meet expectations; KT and SKT AI initiatives, IEEE ComSoc Technology Blog. <https://techblog.comsoc.org/2023/05/09/south-korea-has-30-million-5g-users-but-did-not-meet-expectations-kts-5g-ai/>

Afet Sonrası Elektronik Haberleşme Sürekliliğinde Yapay Zekâ Destekli Katmanlı Kapasite Planlaması

Emrehan Taştekin¹

Gönderilme Tarihi: 7 Nisan 2026

Kabul Tarihi: 22 Nisan 2026

Atıf | Citation: Taştekin, E. (2026). Afet sonrası elektronik haberleşme sürekliliğinde yapay zekâ destekli katmanlı kapasite planlaması. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4(1). 101-121 gibi <https://doi.org/10.66643/btkdergi.1924979>

Araştırma Makalesi / Research Article

ÖZET

Afet sonrasında haberleşme altyapısının çökmesi yalnızca teknik bir arıza üretmez; sağlık, lojistik, arama-kurtarma ve kamu koordinasyonunun aynı anda zayıflamasına yol açar. Bu çalışma, ilk 24 saatte elektronik haberleşme sürekliliğinin nasıl yeniden kurulacağına odaklanan yapay zekâ destekli katmanlı bir kapasite planlama modeli önermektedir. Model, mobil baz istasyonları, taşınabilir uydu düğümleri ve İHA rölelerini tek bir karar mimarisinde bir araya getirmektedir. Yapay zekâ bileşeni, talep, kritik hizmet yoğunluğu ve erişim/izolasyon göstergelerinden bölgesel öncelik puanı üreten; siber alarm düzeyini ise risk tavanı ve etkin kapasite ayarlamalarına aktaran bir karar destek katmanı olarak kurgulanmıştır. Yöntem kısmında, literatürde tanımlanan dayanıklılık ilkeleri ile endüstri mühendisliğinin kapasite planlama, çok ölçütlü önceliklendirme ve kısıt altında kaynak tahsisi araçları birleştirilmiştir. Sayısal deney, talep artışı, kritik hizmet yoğunluğu, erişilebilirlik ve siber risk göstergeleriyle tanımlanan 12 bölgeyi sentetik bir karar ortamında yürütülmüştür. Yoğun kentsel deprem, bölgesel enerji ve erişim kesintisi ile birleşik siber-fiziksel kriz olmak üzere üç senaryo incelenmiştir. Bulgular, katmanlı stratejinin ortalama 24 saatlik ağırlıklı kapsama oranını yüzde 76,6 düzeyine çıkararak tek katmanlı çözüme göre 3,2 puan, tepkisel yaklaşıma göre 14,2 puan üstünlük sağladığını göstermektedir. İlk 90 dakikada katmanlı yapı yüzde 49,0 kapsama ulaşırken diğer iki yaklaşım yüzde 25,2 düzeyinde kalmaktadır. Performans artışı sınırlı bir maliyet artışıyla elde edilse de siber risk yüzeyinin genişlediği görülmektedir. Çalışma, afet haberleşmesinde yalnızca yeni teknoloji eklemenin değil, doğru kaynak portföyünü doğru anda devreye almanın belirleyici olduğunu ortaya koymakta; ön-konumlandırma, sıfır güven mimarisi ve dijital ikiz tabanlı tatbikatlar için uygulanabilir bir karar çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *afet haberleşmesi, yapay zekâ destekli karar verme, kapasite planlama, endüstri mühendisliği, İHA röle ağları.*

¹ ULAK Haberleşme AŞ., R&D and Technology Management Department, Ankara, erdem.demircioglu@ulakhaberlesme.com.tr, ORCID: 0000-0002-0779-0215

AI-Supported Layered Capacity Planning for Post-Disaster Electronic Communication Continuity

ABSTRACT

The collapse of communication infrastructure after a disaster creates more than a technical outage; it simultaneously weakens healthcare coordination, logistics, search and rescue, and public command functions. This study proposes an AI-supported layered capacity planning model for restoring electronic communication continuity during the first 24 hours after a disruption. The model integrates mobile base stations, portable satellite nodes, and UAV relays within a single decision architecture. The AI component is implemented as a decision-support layer that generates regional priority scores from demand, critical-service intensity, and accessibility/isolation indicators while transferring cyber-alert information into risk ceilings and effective-capacity adjustments. Methodologically, it combines resilience principles from the emergency communications literature with industrial engineering tools such as capacity planning, multi-criteria prioritization, and constrained resource allocation. The numerical experiment is conducted in a 12-zone synthetic decision environment defined by demand escalation, critical-service intensity, accessibility, and cyber-risk indicators. Three scenarios are examined: a dense urban earthquake, a regional power and access outage, and a combined cyber-physical crisis. Results show that the layered strategy raises average 24-hour weighted coverage to 76.6%, outperforming the single-layer solution by 3.2 percentage points and the reactive baseline by 14.2 points. In the first 90 minutes, the layered design reaches 49.0% weighted coverage, whereas the other two approaches remain at 25.2%. The performance gain is achieved with a limited cost increase, but the cyber exposure of the operating environment also grows. The study demonstrates that post-disaster communication resilience depends not only on adding more technology, but on activating the right resource portfolio at the right time. It therefore offers an actionable decision framework for pre-positioning, zero-trust control planes, and digital-twin-based preparedness exercises.

Keywords: *disaster communications, AI-supported decision making, capacity planning, industrial engineering, UAV relay networks.*

GİRİŞ

Afet sonrası ilk saatler, elektronik haberleşme şebekelerinin yalnızca ayakta kalma kapasitesini değil, kamu yönetiminin karar alma hızını da sınar. Baz istasyonlarının fiziksel hasar görmesi, enerji kesintileri, omurga bağlantılarının kopması ve eş zamanlı trafik yığılması bir araya geldiğinde iletişim talebi yükselir, erişilebilir kapasite ise daralır. Sonuç ağırdır. Sağlık sevkleri gecikir, saha ekipleri ortak resim üretemez, lojistik akış körleşir.

Bu tabloyu yalnızca telekom mühendisliği çerçevesinde okumak eksik kalır. Sorun aynı zamanda bir endüstri mühendisliği problemidir. Hangi taşınabilir kaynağın nereye gönderileceği, hangi bölgenin önce servis alacağı, kısıtlı bütçenin ve erişilebilir ekibin nasıl dağıtılacağı, hangi siber risk seviyesinde hangi katmanın devreye alınacağı, karar verilmesi gereken başlıklardır. Özellikle afet koşullarında zaman, maliyet, kapsama ve güvenlik arasında kurulan denge teknik olmaktan çıkarak yönetsel bir tasarım problemine dönüşmektedir.

Literatür; dayanıklılık ilkelerini, acil durum haberleşme ağlarını ve afet operasyon yönetimi araçlarını güçlü biçimde tartışmaktadır (Altay & Green, 2006; Sterbenz vd., 2010; Wang vd., 2023). Buna rağmen uygulamada karar vericinin karşısına çıkan soru daha somuttur: İlk 24 saatte sınırlı sayıda mobil baz istasyonu, taşınabilir uydu düğümü ve İHA rölesi eldeyse, bu kaynaklar hangi bileşimle ve hangi sırayla sahaya sürülmelidir? Tek bir teknolojiye odaklanan çözümler bu soruya ancak kısmi yanıt üretebilmektedir.

Bu çalışma söz konusu boşluğu kapatmak için yapay zekâ destekli katmanlı bir kapasite planlama çerçevesi önermektedir. Buradaki yapay zekâ, talep artışı, kritik hizmet yoğunluğu ve erişim/izolasyon göstergelerini birleştirerek bölgesel öncelik puanı üreten; siber alarm düzeyini ise senaryo motorunda risk tavanı ve etkin kapasite ayarlamalarına aktaran bir karar destek katmanı olarak tanımlanmıştır; sayısal deneylerde bu katman literatürden türetilen tahmini parametrelerle temsil edilmiştir. Çalışmanın üç katkısı öne çıkmaktadır. İlk katkı, elektronik haberleşme sürekliliğini mobil, uydu ve hava katmanlarını birlikte ele alan tek bir karar mimarisinde modellemesidir. İkinci katkı, maliyet, siber risk ve enerji tüketimini aynı tabloda izleyen senaryo temelli bir değerlendirme sunmasıdır. Üçüncü katkı ise sonuçları yalnızca performans farkı olarak değil, operatör ve düzenleyici düzeyde uygulanabilir hazırlık adımlarına dönüştürmesidir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

1.1. Afet Sonrası Haberleşme Sürekliliğinin Yönetim Problemi

Haberleşme dayanıklılığı, bir ağın bozulma anında hizmeti koruma, bozulma sonrasında asgari işlevi sürdürme ve kabul edilebilir sürede toparlanma kapasitesini birlikte içerir (Sterbenz vd., 2010). Bu nedenle afet sonrasındaki iletişim sorunu yalnızca hasarlı altyapıyı onarma işi değildir. Aynı anda kapasite ikamesi, yönlendirme esnekliği, geçici omurga kurulumu, enerji yedekliliği ve servis önceliklendirmesi gerekir.

Acil durum haberleşme ağlarını inceleyen kapsamlı çalışmalar, uydu bağlantıları, özel kablosuz ağlar, hücresel şebekeler ve taşınabilir düğümlerin birbirini tamamlayan özellikler sunduğunu göstermektedir (Wang vd., 2023). OECD (2025) ile ITU-T (2016) dokümanları da dayanıklılığın yedeklilik, çeşitlilik ve taşınabilir kaynak birimleriyle güçlendirilebileceğini vurgulamaktadır. Dünya Bankası'nın uygulama rehberi, iklim ve deprem riski altındaki ülkelerde telekom dayanıklılığının tasarım aşamasında ele alınmasının yaşam döngüsü maliyetini azaltabileceğini belirtmektedir (World Bank, 2024).

Buradaki kritik nokta şudur: Süreklilik tek bir sabit çözümle sağlanamaz. Mobil baz istasyonu yüksek kapasite sağlar fakat erişilebilir yol ve saha lojistiği ister. Taşınabilir uydu düğümü omurga yerine geçebilir; buna karşılık terminal sayısı arttıkça siber ve operasyonel yük de artar. İHA rolleri çok hızlı devreye alınır; ancak pil ömrü, komuta güvenliği ve hava koşulları karar kalitesini etkiler. Başarılı tasarım, bu farklılıkları bastırmak yerine portföy mantığıyla yönetir.

1.2. Endüstri Mühendisliği Bakış Açısının Katkısı

Afet operasyon yönetimi literatürü, kaynak tahsisi ve zaman baskısı altında karar verme başlıklarının OR/MS araçlarıyla uzun süredir çalışıldığını göstermektedir (Altay & Green, 2006; Galindo & Batta, 2013). Buna karşın elektronik haberleşme sürekliliği çoğu zaman ağ mühendisliğinin alt problemi gibi görülmekte, kapasite planlama ve çok ölçütlü karar verme boyutu ikinci plana düşmektedir.

Endüstri mühendisliği burada iki nedenle belirleyicidir. Birinci neden, afet ortamında her taşınabilir kaynağın alternatif kullanım değerine sahip olmasıdır. Bir mobil baz istasyonunu bir bölgeye göndermek, başka bir bölgede kapasite

açığı bırakmak anlamına gelir. İkinci neden ise performansın tek boyutlu olmasıdır. Karar verici aynı anda kapsama, konuşlandırma süresi, enerji ihtiyacı, siber risk ve maliyet göstergelerini izlemek zorundadır. Bu çalışma bu nedenle problemi bir şebeke kurulum meselesi olarak değil, çok kısıtlı bir hizmet portföyü optimizasyonu olarak ele almaktadır.

İHA'ların afet yanıtındaki rolünü inceleyen güncel derleme, bilgi toplama, teslimat ve haberleşme kurtarma işlevlerinin giderek daha fazla OR temelli modellere konu olduğunu ortaya koymaktadır (Yucesoy vd., 2025). Bu eğilim önemlidir; çünkü haberleşme kurtarma artık salt altyapı onarımı değil, dinamik bir operasyon tasarımı sorunudur.

Bu karar destek yönü, güncel yapay zekâ temelli çalışmalarla da güçlenmektedir. Soularidis, Kotis ve Vouros (2024), hayati ve zaman-kritik karar destek sistemlerinde heterojen veri bütünleştirme ve anlamsal muhakemenin saha komutanlarına gerçek zamanlı ve açıklanabilir içgörü sağlayabildiğini göstermektedir. Zeng vd. (2024) hava-yer ad hoc ağlarının uzamsal-zamansal konuşlandırmasını derin pekiştirmeli öğrenme ile optimize ederek yapay zekânın haberleşme kurtarma tasarımında yalnızca tahmin değil, konuşlandırma sıralaması açısından da değer ürettiğini ortaya koymaktadır. Benzer biçimde Dcruz, Zolotas, Greenwood ve Arana-Catania (2025), afet yönetiminde yapılandırılmış ve insan denetimini koruyan yapay zekâ karar çerçevelerinin güvenilirlik ve gerekçelendirilebilirlik açısından kritik olduğunu vurgulamaktadır.

1.3. Literatürdeki Boşluk ve Çalışmanın Konumu

Literatürde belirli teknolojilere odaklanan güçlü çalışmalar bulunmaktadır. Berioli vd. (2011) uydu geri taşımanın hızlı devreye alma değerini göstermiş, Zhou vd. (2021) ise taşınabilir uydu ve mesh bileşenlerini birleştiren sahaya dönük bir post-afet mimarisi önermiştir. Zhao vd. (2025), İHA tabanlı acil durum ağlarında kapsama maksimizasyonu için derin pekiştirmeli öğrenme yaklaşımını test etmiştir. Wen vd. (2025), çoklu İHA röle sistemlerinde haberleşme hızını ortak biçimde optimize etmiştir. Okeukwu-Ogbonnaya vd. (2024) ise topluluk direncinin iletişim boyutunu nicelleştirmeye çalışmıştır.

Bu çalışmaların ortak sınırlılığı, çoğunun tek bir teknoloji ekseninde yoğunlaşması ve karar vericinin elindeki kaynak portföyünü bütüncül biçimde yönetmemesidir. Haberleşme sürekliliği açısından asıl soru, uydu, mobil ve hava

katmanlarının birlikte kullanıldığı hibrit yapının hangi senaryo altında nasıl davranacağıdır. Ayrıca literatürde siber riskin operasyonel çeviklik karşısında nasıl konumlanacağı, çoğu zaman açık bırakılmaktadır.

Bu makale söz konusu eksikleri üç noktada tamamlamayı amaçlamaktadır. İlk olarak, çok katmanlı kaynak portföyünü ortak bir kapasite planlama modelinde birleştirmektedir. İkinci olarak, kararları yalnızca 24 saatlik son duruma göre değil, ilk 90 dakika ve 3,5 saat gibi kritik ara dönemlere göre değerlendirmektedir. Son olarak, teknoloji seçimini yönetim ve hazırlık önerileriyle ilişkilendirmektedir. Tablo 1, çalışmanın literatürdeki konumunu özetlemektedir.

Tablo 1. Literatürde baskın eğilimler, boşluklar ve bu çalışmanın konumu

Eksen	Literatürde baskın yön	Gözlenen boşluk	Bu çalışmanın yanıtı
Teknoloji odağı	İHA, uydu veya hücre altyapı çoğu zaman ayrı ayrı inceleniyor.	Kaynak portföyü düzeyinde ortak karar yapısı sınırlı.	Mobil, uydu ve hava katmanı tek modelde birlikte ele alınmıştır.
Performans ölçütü	Kapsama veya hız çoğunlukla tekil başarı göstergesi olarak öne çıkıyor.	Maliyet, siber risk ve enerji etkisi çoğu çalışmada ikincil kalıyor.	Ağırlıklı kapsama, maliyet, siber risk ve enerji birlikte raporlanmıştır.
Zaman boyutu	Nihai durum veya tek anlık sonuçlar baskın.	İlk 90 dakika ile ilk 24 saat aynı tabloda değerlendirilmiyor.	Saatlik kapsama eğrisi kullanılarak toparlanma hızı izlenmiştir.
Karar verici seviyesi	Ağ tekniği baskın, kurumsal karar mantığı zayıf.	Operatör ve düzenleyici için uygulanabilir yol haritası eksik.	Sonuçlar ön-konumlandırma, siber yönetim ve dijital ikiz önerilerine bağlanmıştır.

2. ARAŞTIRMA TASARIMI VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Tasarımı ve Karar Ortamı

Çalışma, gerçek saha verisiyle kalibre edilmiş ampirik bir ağ simülasyonu değil; literatürde tanımlanan afet haberleşmesi mantığını karar desteği amacıyla sayısal deneye dönüştüren analitik bir tasarımıdır. Karar ortamı 12 bölgeden oluşmaktadır. Her bölge için temel talep seviyesi, kritik hizmet yoğunluğu ve erişilebilirlik katsayısı tanımlanmıştır. Üç senaryoda bu değişkenler farklı biçimde bozulmakta, böylece hem fiziksel hasar hem de operasyonel erişim baskısı modele yansıtılmaktadır.

Ana performans ölçütü ağırlıklı kapsama oranıdır. Bu oran, her bölgedeki servis açığının yalnızca niceliğini değil, söz konusu bölgenin toplumsal ve operasyonel önceliğini de dikkate alır. Böylece hastane, lojistik düğüm veya saha koordinasyon alanı barındıran bölgelerde geri yüklenen kapasite, aynı miktardaki sıradan kullanıcı talebinden daha yüksek ağırlık almaktadır.

Karşılaştırma üç strateji üzerinde kurulmuştur. Tepkisel yaklaşım, afet sonrasında sahadan gelen ilk hasar bilgileri tamamlanmadan, eldeki mobil baz istasyonlarının en yüksek talep görülen noktalara sıralı olarak gönderildiği kural tabanlı bir çözümü temsil eder; bu stratejide uydu ve İHA desteği kullanılmaz, bölgesel öncelik puanı yalnızca karar sonrası değerlendirme için izlenir. Tek katmanlı yaklaşım, mobil baz istasyonları ile taşınabilir uydu düğümlerini aynı optimizasyon havuzunda değerlendirir; böylece karadan erişilebilen yüksek kapasiteli çözümler ile omurga bağlantısı sağlayan uydu düğümleri arasında maliyet ve risk dengesi kurulmaya çalışılır. Katmanlı yaklaşım ise bu iki kaynağa İHA rölelerini ekleyerek ilk 90 dakikadaki hızlı kapsama gereksinimini, 3,5 saatlik uydu destekli toparlanmayı ve 24 saatlik mobil kapasite genişlemesini ardışık bir karar mantığı içinde bütünleştirir.

Stratejiler arasındaki fark yalnızca kullanılan ekipman sayısından kaynaklanmamaktadır. Tepkisel strateji düşük siber risk ve düşük maliyet üretse de erken saatlerde kapsama açığını büyütmektedir. Tek katmanlı strateji uydu düğümleri sayesinde omurga ikamesi sağlayarak orta faz performansını yükseltir; ancak erişimi tamamen kopan veya kısa süreli kapsama ihtiyacı olan bölgelerde hava katmanı bulunmadığı için sınırlı kalır. Katmanlı strateji, hızlı fakat sınırlı süreli İHA rölelerini, daha kararlı uydu geri taşıma bileşenleri ve yüksek kapasiteli

mobil baz istasyonlarıyla tamamlayarak zaman, kapasite ve risk arasında portföy temelli bir denge kurmayı hedeflemektedir.

2.2. Yapay Zekâ Destekli Katmanlı Karar Mimarisi

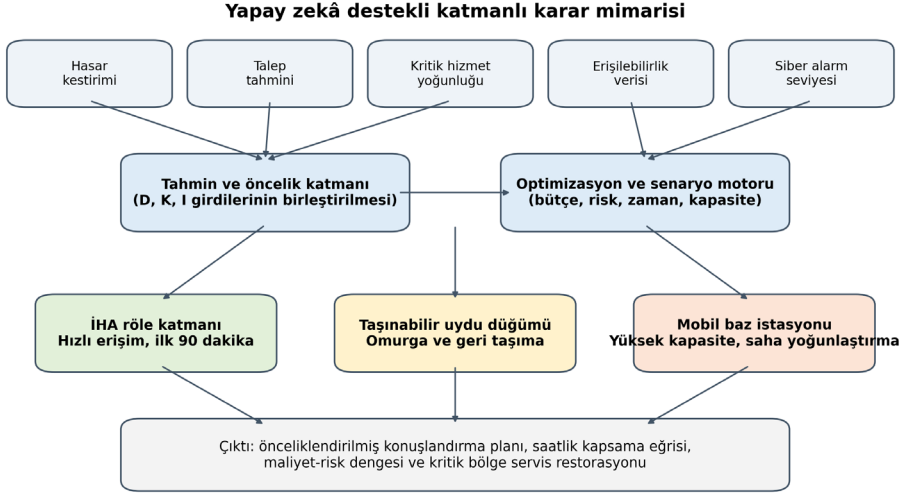
Önerilen mimaride yapay zekâ doğrudan saha yerine geçen tam otonom bir karar verici değildir. Daha gerçekçi bir kurgu tercih edilmiştir. Hasar kestirimi, anlık trafik tahmini, kritik hizmet yoğunluğu ve erişim güçlüğü gibi veriler önce tahmin katmanında birleştirilir. Bu katman, operasyon merkezine hangi bölgelerin önce servis alması gerektiğini gösteren bir öncelik puanı üretir. Ardından optimizasyon motoru, kullanılabilir taşınabilir kaynakları bu önceliklere göre yerleştirir.

Bölge öncelik puanı P_i , normalize talep düzeyi D_i , kritik hizmet yoğunluğu K_i ve izolasyon göstergesi I_i kullanılarak oluşturulmuştur. Bu puanlama tek bir değişkenin tüm kararı yutmasını önler ve afet merkezindeki kritik bölgeleri görünür kılar. Ağırlıklı kapsama oranı ise öncelik puanları ile servis açığı arasındaki ilişkiyi izleyerek kararı yalnızca nüfus yoğunluğuna indirgememektedir.

Teknik olarak bu süreç iki aşamada işlemektedir: ilk aşamada hasar kestirimi ve trafik tahmini çıktıları D_i , K_i ve I_i girdilerinin güncellenmesinde kullanılır; ikinci aşamada bu girdiler $P_i = 0,45D_i + 0,40K_i + 0,15I_i$ öncelik fonksiyonunda birleştirilir. Talep ve kritik hizmet yoğunluğuna daha yüksek ağırlık verilmesi, afet sonrası ilk saatlerde trafik sıçraması ve kritik servis sürekliliğinin belirleyici olduğuna işaret eden literatürle uyumludur (ITU-T, 2016; Wang vd., 2023; World Bank, 2024); izolasyon değişkeni ise erişim baskısını görünür kılmak amacıyla pozitif fakat daha düşük bir katsayıyla tutulmuştur (Altay & Green, 2006; Galindo & Batta, 2013). Siber alarm seviyesi formülde ayrı bir öncelik terimi olarak değil, Şekil 1’de gösterildiği üzere senaryo motoruna aktarılan bir risk girdisi olarak ele alınmış; böylece siber baskı, bölge sıralamasını dolaylı biçimde risk üst sınırı ve etkin kapasite azaltımları üzerinden etkilemiştir (Sterbenz vd., 2010; OECD, 2025).

Şekil 1’de görülen mimaride İHA katmanı ilk 90 dakikaya, taşınabilir uydu katmanı ilk birkaç saate, mobil baz istasyonu katmanı ise daha yüksek kapasiteli orta dönem toparlanmaya hizmet etmektedir. Böylece model, farklı kaynakların hız ve kapasite karakterini birbirinin yerine koymak yerine ardışık ve tamamlayıcı bir kurgu olarak ele alır.

Şekil 1. Yapay zekâ destekli katmanlı karar mimarisi



2.3. Karar Modeli, Kısıtlar ve Performans Göstergeleri

Her senaryoda önce bölgesel servis açığı biçiminde hesaplanmıştır. Sonraki aşamada karar modeli, ağırlıklı karşılanan servis miktarını azami yapacak biçimde kurulmuştur. Amaç fonksiyonu, öncelik-ağırlıklı servis miktarını yükseltirken maliyet, siber risk ve enerji için küçük ceza katsayıları içermektedir. Bu yapı, en yüksek kapsama peşinde koşarken bütçe ve güvenlik sınırlarını görünmez kılmaktadır.

Modelde her kaynak birimi en fazla bir konuşlandırma noktasına atanabilmektedir. Her kaynak için kapasite üst sınırı, kapsama yarıçapı ve erişilebilirlik koşulu tanımlanmıştır. Aynı tür kaynağın aynı sahada aşırı kümelenmesini önlemek amacıyla ek kısıtlar kullanılmıştır. Senaryo tasarımı kapsamında bütçe tavanı, siber risk üst sınırı ve kapasite çarpanları farklılaştırılmıştır. Birleşik siber-fiziksel kriz senaryosunda uydu ve İHA katmanlarının etkin kapasitesi özellikle düşürülmüştür.

Optimizasyon motoru, her bir taşınabilir kaynağın en çok bir bölgeye atanabildiği ve kapsama kararlarının ikili değişkenlerle izlendiği 0-1 karma tamsayılı doğrusal bir atama modeli olarak kurulmuştur. Amaç fonksiyonundaki 0,015C, 0,020R ve 0,010E ceza katsayıları kapsamayı birincil hedef olarak korurken maliyet, siber risk ve enerji baskılarını görünür tutacak şekilde

seçilmiş; bu katsayılar veri güdümlü öğrenmeden değil, literatürde vurgulanan dayanıklılık-güvenlik gerilimiyle uyumlu analitik bir kalibrasyondan türetilmiştir (Sterbenz vd., 2010; OECD, 2025; World Bank, 2024). Tablo 2'deki devreye alma süreleri ile kapasite, maliyet ve risk endeksleri de saha ölçümünün birebir karşılığı olarak değil, taşınabilir uydu geri taşıma, mobil konuşlandırma ve İHA röle kullanımına ilişkin operasyon profillerinin normalize edilmiş karşılıkları olarak tanımlanmıştır (Berioi vd., 2011; Zhou vd., 2021; Wang vd., 2023; Zhao vd., 2025; Wen vd., 2025).

Kapsama eğrileri 0, 1,5, 3,5, 6, 12 ve 24 saat noktalarında hesaplanmıştır. Bu zaman noktaları kaynak türlerinin ortalama devreye alma süreleriyle ilişkilidir. Buna ek olarak maliyet endeksi, siber risk endeksi ve enerji endeksi raporlanmıştır. Tablo 2 katman özelliklerini, Tablo 3 ise senaryo kurgularını göstermektedir.

Tablo 2. Kaynak katmanlarının teknik ve operasyonel özellikleri

Kaynak	Adet	Devreye alma süresi (saat)	Kapasite endeksi	Erişim çapı	Maliyet endeksi	Siber risk endeksi	Temel rol
Mobil baz istasyonu	4	6,0	165	1,05	9,0	2,8	Yoğun bölgelerde orta dönem yüksek kapasite
Taşınabilir uydu düğümü	4	3,5	95	0,80	6,2	4,2	Geri taşıma ve omurga ikamesi
İHA rölesi	8	1,5	78	1,25	4,2	4,8	İlk saatlerde hızlı kapsama genişletme

Tablo 3. Senaryo kurguları ve operasyonel baskın kısıtlar

Senaryo	Kriz örüntüsü	Bütçe endeksi	Risk üst sınırı	Baskın operasyonel kısıt	Öncelikli bölge karakteri
S1	Yoğun kentsel deprem	44	70	Karayolu erişiminin kırılması ve çekirdek talep yığılması	Sağlık, lojistik ve koordinasyon düğümleri
S2	Bölgesel enerji ve erişim kesintisi	42	68	Yaygın enerji düşüşü ve geciken kara konuşlandırması	Dağıtık talep cepleri ve yedek enerji gereksinimi
S3	Birleşik siber-fiziksel kriz	40	58	Uydu ve İHA katmanında kapasite düşüşü, daha sıkı risk baskısı	Kritik hizmet bölgeleri ile komuta trafiği odakları

3. BULGULAR

3.1. Ortalama Kapsama Performansı

Ortalama sonuçlar, katmanlı yaklaşımın özellikle erken saatlerde belirgin avantaj yarattığını göstermektedir. Şekil 2'ye göre tepkisel ve tek katmanlı stratejiler ilk 1,5 saatte yüzde 25,2 düzeyinde kalırken katmanlı yapı yüzde 49,0 kapsama ulaşmaktadır. Farkın kaynağı açıktır. İHA röleleri hızlı devreye alınabilmekte ve erişim yolları açılmadan da ilk iletişim omurgasını kurabilmektedir.

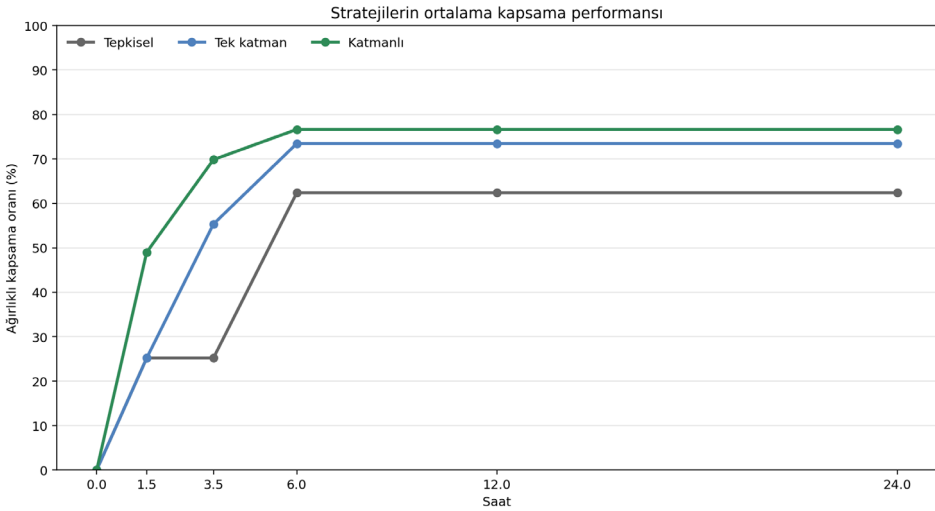
Strateji düzeyinde bu fark, modelin kaynakları yalnızca kapasite büyüklüğüne göre değil, devreye alma süresine göre de sıralamasından doğmaktadır. Tepkisel çözümde mobil baz istasyonu yüksek kapasite verse de 6 saatlik konuşlandırma süresi erken kapsama boşluğu bırakır; tek katmanlı çözüm uydu düğümleriyle

bu boşluğu kısmen azaltır; katmanlı çözüm ise İHA rollerini geçici köprü olarak kullanarak ilk müdahale ve orta dönem toparlanma arasında süreklilik sağlar.

3,5 saat noktasında fark daha da açılmaktadır. Tek katmanlı strateji yüzde 55,3 ortalama kapsama üretirken katmanlı yapı yüzde 69,8 düzeyine çıkmaktadır. Mobil baz istasyonları henüz sahaya tam yayılmadan uydu ve hava katmanlarının devreye alınması, karar modelinin zaman boyutunu neden ayrı bir performans eksenini olarak ele aldığını açık biçimde göstermektedir.

24 saat sonunda katmanlı stratejinin ortalama ağırlıklı kapsaması yüzde 76,6 olarak hesaplanmıştır. Bu değer tek katmanlı çözümden 3,2 puan, tepkisel çözümden 14,2 puan daha yüksektir. İyileşme yalnızca nihai seviyede değil, toparlanma eğrisinin eğiminde de görülmektedir. Başka bir deyişle model, hizmeti daha çok değil, daha erken geri getirmektedir.

Şekil 2. Stratejilerin saatlik ortalama ağırlıklı kapsama performansı



3.2. Senaryo Bazlı Karşılaştırma

Tablo 4 ve Şekil 3, strateji performansının senaryoya göre değiştiğini göstermektedir. Yoğun kentsel deprem senaryosunda katmanlı çözüm yüzde 80,9 ile en yüksek 24 saatlik kapsama düzeyine ulaşmıştır. Bu senaryoda sağlık ve koordinasyon talebinin keskin biçimde yoğunlaştığı çekirdek bölgelerde mobil kapasite ile hızlı hava erişiminin birlikte kullanılması en yüksek getiriye sağlamaktadır.

Bölgesel enerji ve erişim kesintisinde katmanlı yapının erken saatlerdeki üstünlüğü daha da görünürdür. İlk 1,5 saatte yüzde 62,5 kapsama, karayoluna bağımlı kaynakların gecikmesini telafi etmektedir. Buradaki mantık nettir. Erişim bozuldukça karadan gelen yüksek kapasiteli çözümün değeri korunur; fakat ilk müdahale avantajı hava ve uydu katmanına kayar.

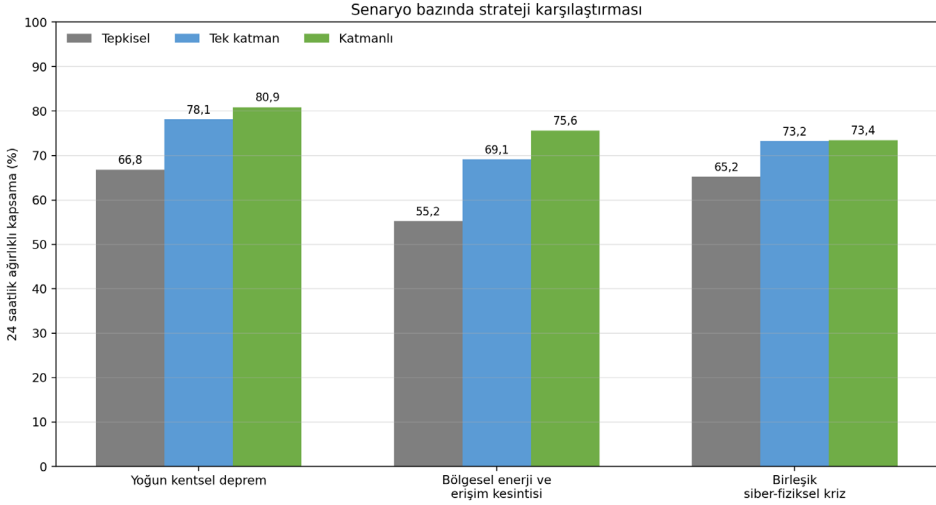
S2 senaryosunda 3,5 saatten 24 saate doğru görülen sınırlı kapsama gerilemesi, modelin başarısızlığından çok, ağırlıklı kapsama ölçütünün geçici hava/uydu üstünlüğünden kara destekli daha dengeli bir portföye geçişi yansıtmasından kaynaklanmaktadır. Erken fazda İHA ve taşınabilir uydu birimleri, yüksek öncelikli dağıtık cepleri hızlıca kapsayarak yüzde 79,2 düzeyine çıkmaktadır; ancak yaygın enerji düşüşü uzadıkça bu geçici katmanların sürdürülebilirliği azalmakta, kara konuşlandırmasının gecikmesiyle kapsama daha geniş alana yayılırken ağırlıklı öncelik yoğunluğu seyrelmektedir. Bu nedenle 24 saat sonunda toplam servis coğrafi olarak genişlese de yüksek öncelikli bölgeler üzerinden hesaplanan ağırlıklı kapsama yüzde 75,6 seviyesine çekilmektedir.

Birleşik siber-fiziksel kriz senaryosunda katmanlı strateji yine en iyi sonucu vermektedir; ancak fark diğer iki senaryoya kıyasla daralmaktadır. Bunun nedeni, uydu ve İHA katmanlarının daha yüksek siber risk ve daha düşük etkin kapasiteyle çalışmasıdır. Model bu nedenle her senaryoda aynı teknoloji bileşimini dayatmamış, risk üst sınırı sıkılaştığında daha temkinli bir portföy seçmiştir.

Tablo 4. Senaryo bazında strateji sonuçları

Senaryo	Strateji	1,5 saat (%)	3,5 saat (%)	24 saat (%)	Maliyet	Siber risk	Enerji
S1	Tepkisel	28,1	28,1	66,8	35,0	11,4	24,8
S1	Tek katman	28,1	58,7	78,1	41,0	21,0	31,4
S1	Katmanlı	48,0	68,8	80,9	43,8	27,6	36,5
S2	Tepkisel	21,0	21,0	55,2	34,5	10,8	25,6
S2	Tek katman	21,0	49,3	69,1	40,8	23,8	30,6
S2	Katmanlı	62,5	79,2	75,6	42,0	31,9	35,2
S3	Tepkisel	26,5	26,5	65,2	40,0	15,5	26,4
S3	Tek katman	26,5	58,0	73,2	38,5	27,5	30,4
S3	Katmanlı	36,5	61,5	73,4	41,1	33,0	36,0

Şekil 3. Senaryo bazında 24 saatlik ağırlıklı kapsama karşılaştırması



3.3. Maliyet, Risk ve Enerji Dengesi

Katmanlı tasarımın üstün performansı bedelsiz değildir. Ortalama maliyet endeksi 42,3 iken tepkisel çözümde bu değer 36,5'tir. Fark yüzde 15,9 düzeyindedir. Buna karşılık siber risk endeksi 12,6'den 30,8 seviyesine yükselmektedir. Daha fazla taşınabilir düğüm, daha geniş bir komuta yüzeyi anlamına gelmektedir.

Bu bulgu iki şekilde okunabilir. İlk yorum, yüksek siber risk nedeniyle katmanlı mimariden kaçınmak gerektiği yönündedir. Bu çalışma bu sonuca katılmamaktadır. Daha güçlü yorum, teknolojik çevikliğin yönetim mimarisi güçlendirilmeden sürdürülemeyeceğidir. Sorun İHA veya uydu katmanının kendisi değil; bu katmanları güvenli biçimde yönetecek kimlik, segmentasyon ve denetim mekanizmalarının eksikliğidir.

Enerji endeksi de benzer bir gerilime işaret etmektedir. Katmanlı yapıda ortalama enerji endeksi 35,9 düzeyine çıkarken, tepkisel yaklaşım 25,6 seviyesinde kalmaktadır. Bu nedenle saha planlamasında yalnızca haberleşme ekipmanının değil, taşınabilir enerji ve yakıt lojistiğinin de aynı karar tablosunda düşünülmesi gerekir.

3.4. Duyarlılık Analizi

S1 senaryosu üzerinde yapılan duyarlılık analizi, modelin hangi girdilere daha hassas olduğunu göstermektedir. Tablo 5 ve Şekil 4'e göre bütçenin yüzde 10 daraltılması 24 saatlik kapsamayı 80,9'dan 76,7'ye çekmektedir. Buna karşılık bütçenin yüzde 10 artırılması kapsama oranını 84,8'e yükseltmektedir. İlk faz yatırımlarının doğrusal olmayan ama somut bir performans karşılığı ürettiği burada açıkça görülmektedir.

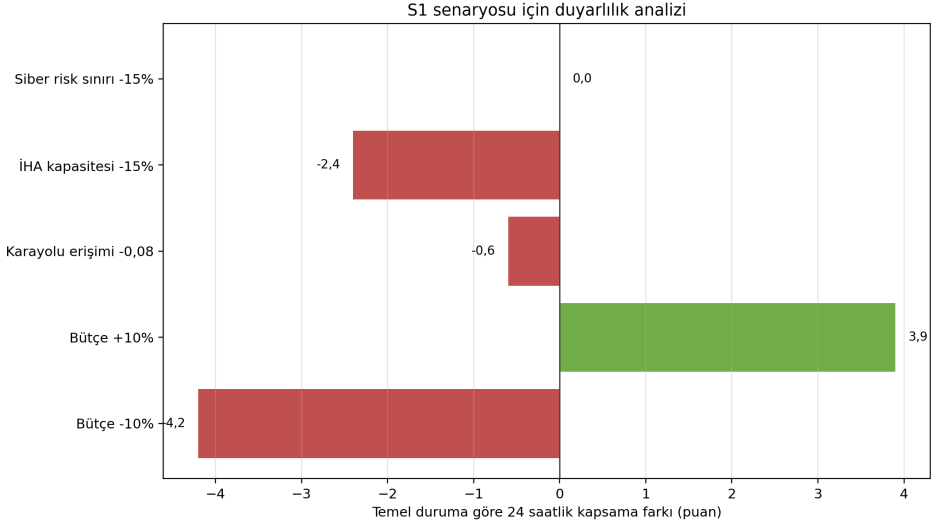
Karayolu erişiminin 0,08 puan daha bozulduğu durumda kapsama 80,3'e gerilerken siber risk endeksi 34,4'e çıkmaktadır. Sistem servis düzeyini büyük ölçüde koruyabilmek için daha çok hava ve uzay destekli çözüme yaslanmakta, bu da güvenlik yükünü artırmaktadır. İHA kapasitesinin yüzde 15 azaltılması ise performansı 78,5'e düşürmektedir. Erken müdahale katmanının kapasitesi azaldığında toplam eğri aşağı kaymaktadır.

İlginç bir bulgu, siber risk sınırının yüzde 15 daraltılmasının bu senaryoda çözümü değiştirmemesidir. Bu durum modelin S1 temel çözümünde risk tavanına göre rahat bir tampon bıraktığını düşündürmektedir. Dolayısıyla her senaryoda belirleyici darboğaz aynı değildir. Bazı durumlarda bütçe, bazı durumlarda erişim, bazı durumlarda ise siber güvenlik baskın kısıt haline gelmektedir.

Tablo 5. S1 senaryosu için duyarlılık analizi sonuçları

Durum	24 saatlik kapsama (%)	Maliyet	Siber risk	Kısa yorum
Temel durum	80,9	43,8	27,6	Dengeli ve yüksek kapsama sağlayan temel çözüm
Bütçe -10%	76,7	39,6	22,8	Erken müdahale katmanı zayıflıyor
Bütçe +10%	84,8	48,0	32,4	Ek kaynaklar kısa sürede ek kapsama üretiyor
Karayolu erişimi -0,08	80,3	43,2	34,4	Sistem hava ve uydu katmanına daha fazla yükleniyor
İHA kapasitesi -15%	78,5	43,8	27,6	İlk saat etkisi zayıflıyor, toparlanma eğrisi aşağı kayıyor
Siber risk sınırı -15%	80,9	43,8	27,6	Temel çözüm bu eşikte tampona sahip

Şekil 4. S1 senaryosunda temel duruma göre kapsama farkları



4. TARTIŞMA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

4.1. Operatör Düzeyinde Ön-Konumlandırma ve Portföy Tasarımı

Bulgular, taşınabilir haberleşme kaynaklarının tekil birer ekipman olarak değil, önceden tasarlanmış bir portföy olarak yönetilmesi gerektiğini göstermektedir. Operatörler ve kamu kurumları kritik bölge kümelerini belirlemeli, mobil baz istasyonu, taşınabilir uydu düğümü ve İHA röle sayısını bu kümelerin talep profiline göre önceden eşleştirmelidir. Böyle bir hazırlık yapılmadığında ilk saatlerde karar verme sahada doğaçlamaya dönüşür. Bu bulgu, taşınabilir ve konuşlandırılabilir kaynak birimlerinin önceden planlanmasının toparlanma hızını artırdığını vurgulayan ITU-T (2016), Berioli vd. (2011) ve World Bank (2024) ile uyumludur.

Ön-konumlandırma yalnızca depolama kararı değildir. Hangi ekibin hangi kaynağı kaç saat içinde işleteceği, hangi izin süreçlerinin önceden tamamlanacağı ve karşılıklı yardım protokollerinin nasıl işleyeceği de bu tasarımın parçasıdır. S2 senaryosu bunu net biçimde göstermektedir. Karayolu erişimi bozulduğunda en iyi ekipman en yakın ekipman olmayabilir; en hızlı devreye alınabilir ekipman olabilir. S2 senaryosunda gözlenen sınırlı gerileme de erişim ve enerji darboğazı uzadığında erken fazda değer üreten hava ve uydu katmanlarının tek başına ye-

terli olmadığını, portföy tasarımının sürdürülebilir enerji ve kara lojistiğiyle birlikte düşünülmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç, taşınabilir uydu ve hava bileşenlerinin tamamlayıcı ama tek başına kalıcı olmayan rolünü vurgulayan Wang vd. (2023) ve Zhou vd. (2021) ile de örtüşmektedir.

4.2. Siber Güvenlik ve Ayrık Yönetim Kanalları

Katmanlı haberleşme toparlanması, siber güvenliği ek bir modül gibi değil, işletme önkoşulu gibi ele almak zorundadır. İHA komuta kanalları, taşınabilir uydu terminalleri ve saha baz istasyonları için cihaz kimliği, karşılıklı sertifika doğrulaması, imzalı konfigürasyon dosyaları ve ayrık yönetim ağı gereklidir. Sıfır güven yaklaşımı özellikle geçici kurulumlarda önemlidir; çünkü afet anında en sık yapılan hata, hizmeti hızla ayağa kaldırmak adına denetimi gevşetmektir.

Literatürdeki sıfır güven örnekleri, bu önerinin yalnızca genel bir güvenlik söylemi olmadığını göstermektedir. Rose vd. (2020) tarafından hazırlanan NIST SP 800-207, güvenin ağ konumundan türetilmemesi; kullanıcı, cihaz ve hizmet erişimlerinin oturum bazında dinamik politika ile doğrulanması gerektiğini belirtir. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA, 2023) tarafından sunulan sıfır güven olgunluk modeli ise kimlik, cihaz, ağ, uygulama/iş yükü ve veri sütunlarında gelenekselden optimal düzeye uzanan uygulanabilir örnekler verir. National Institute of Standards and Technology (NIST, 2025) SP 1800-35 uygulama rehberi de 24 işbirlikçiyle oluşturulan 19 örnek sıfır güven mimarisi uygulamasında kimlik yönetimi, mikrosegmentasyon, yazılım tanımlı çevre ve SASE bileşenlerini birlikte göstererek geçici afet haberleşmesi bileşenlerinin kimlik temelli ve sürekli denetlenen bir kontrol düzlemine bağlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın risk bulgusu, katmanlı yapının reddedilmesini değil, güvenli varsayılanlarla tasarlanmasını önermektedir. Kritik komut düzlemi veri düzleminden ayrılmalı, geçici ağ bileşenleri varsayılan olarak en düşük yetkiyle açılmalı ve tüm güncellemeler imzalı paketlerle yapılmalıdır. Afet bağlamında sıfır güven uygulaması, İHA komuta terminalinin veya taşınabilir uydu düğümünün yalnızca sahada bulunduğu için güvenilir sayılmamasını; her komut, telemetri ve yapılandırma isteğinin cihaz kimliği, görev rolü, zaman penceresi ve güncel risk sinyaliyle yeniden yetkilendirilmesini gerektirir. Böylece çeviklik ile güvenlik arasında daha gerçekçi bir denge kurulabilir. Bu yorum, çeşitlilik ve yedeklilik kazanımlarının aynı zamanda yeni saldırı yüzeyleri üretebileceğini vurgulayan Sterbenz vd. (2010) ile OECD (2025) bulgularıyla tutarlıdır.

4.3. Dijital İkiz, AIOps ve Kurumsal Öğrenme

Yapay zekâ destekli karar katmanının gerçek değeri, afet anından önce başlar. Operatörün canlı topolojisini, kritik kullanıcı yoğunluğunu, enerji yedeklerini ve taşınabilir kaynak envanterini birlikte gösteren bir dijital ikiz ortamı oluşturulduğunda tatbikatlar salt sunum egzersizi olmaktan çıkar, kurumsal öğrenme aracına dönüşür. Böyle bir yapı, hangi bölgede hangi darboğazın düzenli olarak tekrar ettiğini de görünür kılar. Lagap ve Ghaffarian (2024), dijital ikiz temelli afet yönetimi çalışmalarında gerçek zamanlı modelleme ve senaryo testlerinin özellikle toparlanma ve kaynak tahsisi aşamalarında kurumsal öğrenmeyi hızlandırdığını göstermektedir.

AIOps tabanlı erken uyarı sistemleri, trafik sıçraması, bağlantı kopması, enerji düşüşü ve anormal kontrol düzlemi hareketlerini birlikte okuyarak öncelik puanını dinamik biçimde besleyebilir. Bu durumda optimizasyon motoru statik bir model olmaktan çıkar, sahadaki değişimi yansıtan canlı bir karar panosuna dönüşür. Tablo 6, bu dönüşüm için aşamalı bir uygulama yol haritası önermektedir. Bu yaklaşım, heterojen ve akışkan verinin gerçek zamanlı entegrasyonunu kritik gören Soularidis vd. (2024) ile insan denetimini kaybetmeden yapılandırılmış yapay zekâ karar mantığı öneren Dcruz vd. (2025) çizgisiyle uyumludur.

Tablo 6. Katmanlı afet haberleşmesi için uygulama yol haritası

Dönem	Öncelikli iş paketi	Beklenen çıktı	Başlıca sorumlu küme
0-3 ay	Kritik bölge haritası, taşınabilir kaynak envanteri ve ortak veri sözlüğü hazırlanması	Talep ve öncelik verisinin standartlaştırılması	Operatör, kamu otoritesi, afet koordinasyon birimi
3-6 ay	Ön-konumlandırma planı, karşılıklı yardım protokolü ve saha tatbikatı	İlk 6 saat için doğrulanmış konuşlandırma senaryoları	Operatör saha ekipleri ve lojistik birimleri
6-12 ay	Dijital ikiz ortamı ve canlı karar panosu kurulumu	Senaryo bazlı kapasite planlamasının kurumsallaşması	Şebeke planlama, veri analitiği ve operasyon merkezi
12 ay ve sonrası	Sıfır güven yönetim düzlemi, imzalı konfigürasyon ve sürekli siber tatbikat	Çeviklik ile güvenlik arasında sürdürülebilir denge	Siber güvenlik, tedarik zinciri ve denetim birimleri

5. SONUÇ

Bu çalışma, afet sonrası elektronik haberleşme sürekliliğinin çok katmanlı ve çok ölçütlü bir karar problemi olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Literatür temelli sayısal deney, katmanlı portföy yaklaşımının ortalama 24 saatlik ağırlıklı kapsama oranını yüzde 76,6 düzeyine çıkardığını, özellikle ilk 90 dakikada belirgin hız kazancı sağladığını ortaya koymuştur. Kritik fark yalnızca daha yüksek kapasite kurmak değildir. Zaman profili farklı kaynakları ardışık biçimde devreye almaktır.

Çalışmanın temel katkısı, mobil baz istasyonu, taşınabilir uydu düğümü ve İHA rölesini ortak bir endüstri mühendisliği çerçevesine yerleştirmesidir. Bu çerçeve, teknoloji tercihini bütçe, siber risk, erişilebilirlik ve enerji kısıtlarıyla aynı masaya taşımaktadır. Bulgular, katmanlı mimarinin etkili olduğunu; ancak güvenlik ve yönetim düzenekleri güçlendirilmeden sürdürülebilir olmayacağını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, haberleşme dayanıklılığı ekipman listesi değil, kurumsal hazırlık tasarımıdır.

Çalışmanın sınırları açıktır. Model gerçek bir operatör topolojisine bağlanmamış, talep ve hasar verileri literatürden türetilmiş parametrelerle temsil edilmiştir. Bu nedenle sonuçlar belirli bir şebekenin birebir performans tahmini olarak değil, karar verme mantığını test eden genellenebilir bir analiz olarak okunmalıdır. Gelecek araştırmalarda gerçek trafik telemetrisi, meteorolojik kısıtlar, yol ağındaki dinamik tıkanıklık ve kurumlar arası koordinasyon maliyetleri modele eklenebilir. Buna rağmen burada elde edilen sonuçlar, afet haberleşmesinde en kritik yatırımın yeni bir cihaz satın almak değil, kaynak portföyünü önceden tasarlamak olduğunu güçlü biçimde göstermektedir.

KAYNAKÇA

Altay, N., & Green, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475-493. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.016>

Beroli, M., Caus, M., Corazza, G. E., de Sanctis, M., Ferrante, A., Gaudenzi, R., Salvadori, C., Vanelli-Coralli, A., & Wietfeld, C. (2011). WISECOM: A rapidly deployable satellite backhauling system for emergency situations. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 29(5), 419-440. <https://doi.org/10.1002/sat.982>

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2023). Zero Trust Maturity Model: Version 2.0. <https://www.cisa.gov/resources-tools/resources/zero-trust-maturity-model>

Dcruz, J. G., Zolotas, A., Greenwood, N. R., & Arana-Catania, M. (2025). Structured AI decision-making in disaster management. *Scientific Reports*, 15, 32093. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15317-w>

Galindo, G., & Batta, R. (2013). Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230(2), 201-211. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.039>

ITU Telecommunication Standardization Sector. (2016). Recommendation ITU-T L.392: Disaster management for improving network resilience and recovery with movable and deployable information and communication technology (ICT) resource units. <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.392/en>, 17.02.2026

Lagap, U., & Ghaffarian, S. (2024). Digital post-disaster risk management twinning: A review and improved conceptual framework. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 110, 104629. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104629>

National Institute of Standards and Technology. (2025). Implementing a zero trust architecture (NIST Special Publication 1800-35). <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1800-35>

Okeukwu-Ogbonnaya, A., Amariuca, G., Natarajan, B., & Kim, H. J. (2024). Towards quantifying the communication aspect of resilience in disaster-prone communities. *Scientific Reports*, 14, 8837. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59192-3>

OECD. (2025). Enhancing the resilience of communication networks. <https://doi.org/10.1787/d6920477-en>

Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S., & Connelly, S. (2020). Zero trust architecture (NIST Special Publication 800-207). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-207>

Soularidis, A., Kotis, K. I., & Vouros, G. A. (2024). Real-time semantic data integration and reasoning in life- and time-critical decision support systems. *Electronics*, 13(3), 526. <https://doi.org/10.3390/electronics13030526>

Sterbenz, J. P. G., Hutchison, D., Cetinkaya, E. K., Jabbar, A., Rohrer, J. P., Schöller, M., & Smith, P. (2010). Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines. *Computer Networks*, 54(8), 1245-1265. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.03.005>

Wang, Q., Li, W., Yu, Z., Abbasi, Q., Imran, M., Ansari, S., Sambo, Y., Wu, L., Li, Q., & Zhu, T. (2023). An overview of emergency communication networks. *Remote Sensing*, 15(6), 1595. <https://doi.org/10.3390/rs15061595>

Wen, C., Chen, G., Gu, X., & Wang, W. (2025). Joint optimization of communication rates for multi-UAV relay systems. *Complex & Intelligent Systems*, 11, 289. <https://doi.org/10.1007/s40747-025-01910-z>

World Bank. (2024). Resilient telecommunications infrastructure: A practitioner's guide. <https://hdl.handle.net/10986/42290>, 14.02.2026

Yucesoy, E., Balcik, B., & Coban, E. (2025). The role of drones in disaster response: A literature review of operations research applications. *International Transactions in Operational Research*, 32(2), 545-589. <https://doi.org/10.1111/itor.13484>

Zeng, Y., Tan, X., Sha, M., Hussain, Z. K., Lin, T., Tu, J., Wang, H., Liu, B., Li, C., Huang, F., & Sha, Z. (2024). The study of DDPG based spatiotemporal dynamic deployment optimization of Air-Ground ad hoc network for disaster emergency response. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103708. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103708>

Zhao, L., Liu, X., & Shang, T. (2025). Maximizing coverage in UAV-based emergency communication networks using deep reinforcement learning. *Signal Processing*, 230, 109844. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2024.109844>

Zhou, J., Zhou, C., Kang, Y., & Tu, S. (2021). Integrated satellite-ground post-disaster emergency communication networking technology. *Natural Hazards Research*, 1(1), 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2020.12.002>

İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yapay Zekâ Tabanlı Risk Analizi:

Bütünleşik Bir Mimari Yaklaşım Önerisi

Cemre Çınar¹, Saniye Yavuz²

Gönderilme Tarihi: 28 Nisan 2026

Kabul Tarihi: 9 Haziran 2026

Atıf | Citation: Çınar, C., & Yavuz, S. (2026). İş sağlığı ve güvenliğinde yapay zekâ tabanlı risk analizi: Bütünleşik bir mimari yaklaşım önerisi. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4 (1). 122-145 gibi <https://doi.org/10.66643/btkdergi.1939549>

Araştırma Makalesi / Research Article

ÖZET

Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı risk analizi yaklaşımlarının iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki konumunu literatür incelemesi (narrative literature review) ve kavramsal çerçeveye geliştirme yaklaşımının birlikte kullanıldığı iki aşamalı bir metodolojik yapı üzerinde inceleyerek mevcut bilgi birikimini sistematik biçimde haritalamaktadır. Ulusal ve uluslararası literatürden elde edilen bulgular, İSG uygulamalarında uzman sistemler, makine öğrenmesi modelleri ve IoT tabanlı sensör ağlarının giderek yaygınlaştığını; ancak açıklanabilirlik, veri yönetimi, model yaşam döngüsü yönetimi ve kurumsal uyum gerekliliklerinin çoğu çalışmada bütüncül biçimde ele alınmadığını göstermektedir. Bu eksiklikler doğrultusunda çalışma, literatürden türetilen bulguları sentezleyerek beş katmanlı yapısal bileşenden ve dört tasarım ilkesinden oluşan bütünleşik bir sistem mimarisi önermektedir. Önerilen mimari; veri toplama, veri işleme, analitik modelleme, karar destek ve kurumsal entegrasyon süreçlerini açıklanabilir yapay zekâ ve makine öğrenmesi operasyonları (Machine Learning Operations-MLOps) temelli yönetim ilkeleriyle bir araya getirerek İSG'de ölçeklenebilir, şeffaf ve denetlenebilir bir yapay zekâ entegrasyonu için metodolojik bir çerçeve sunmaktadır. Çalışma, mevcut yaklaşımlardaki teknik ve yönetsimsel sınırlılıkları netleştirirken hem araştırmacılar hem de uygulayıcı kurumlar için yapay zekâ destekli İSG sistemlerinin tasarımına yönelik bütüncül bir referans modeli ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Yapay Zekâ (YZ), İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), IoT, XAI, Risk Analizi.*

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, cemrecinar91@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1645-7133

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, saniyeyuksell@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1488-0422

Artificial Intelligence (AI)-Based Risk Analysis in Occupational Health and Safety: An Integrated Architectural Approach Proposal

ABSTRACT

This study systematically maps the existing body of knowledge on artificial intelligence–based risk analysis approaches in the field of occupational health and safety (OHS) through a two-stage methodological design that integrates a narrative literature review with conceptual framework development. Findings derived from both national and international literature indicate that expert systems, machine learning models, and Internet of Things (IoT)–based sensor networks are increasingly adopted in OHS applications. However, critical dimensions such as explainability, data governance, model lifecycle management, and organizational compliance are not addressed holistically in the majority of existing studies. In response to these gaps, the study synthesizes the literature and proposes an integrated system architecture consisting of five structural layers and four design principles. The proposed architecture combines data collection, data processing, analytical modeling, decision support, and organizational integration processes within a governance framework grounded in Explainable Artificial Intelligence (XAI) and Machine Learning Operations (MLOps). In doing so, it provides a methodological foundation for scalable, transparent, and auditable AI integration in OHS contexts. By clarifying both the technical and governance-related limitations of current approaches, the study offers a comprehensive reference model for the design and implementation of AI-supported OHS systems, addressing the needs of both researchers and practitioners.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Occupational Health and Safety (OHS), Internet of Things (IoT), Explainable AI (XAI), Risk Analysis.*

GİRİŞ

Küresel ölçekte iş sağlığı ve güvenliği (İSG), yalnızca çalışma yaşamının niteliğini değil, aynı zamanda ulusal ekonomilerin sürdürülebilirliğini de doğrudan etkileyen temel bir politika alanı olarak öne çıkmaktadır. Dünya genelinde işle ilişkili hastalıklar ve iş kazaları, her yıl milyonlarca çalışanın yaşamını yitirmesine ve ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır (WHO & ILO, 2021). Bu tablo, geleneksel risk faktörlerinin yanı sıra, risklerin zamanında tespit edilememesi ve önleyici mekanizmaların yetersizliğinin de önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Nitekim güncel raporlar, çalışma saatleri, ergonomik maruziyetler ve gürültü gibi çevresel risklerin küresel hastalık yüküne sistematik biçimde yansıdığını ortaya koymaktadır (WHO & ILO, 2021).

Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte yapay zekâ (YZ), Makine Öğrenmesi (Machine Learning-ML), derin öğrenme (DL), Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve giyilebilir teknolojiler gibi dijital bileşenlerin üretim süreçlerine entegrasyonu, İSG alanında da yapısal bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Yapay zekâ destekli çözümlerin iş kazalarının önlenmesi, meslek hastalıklarının erken tespiti ve gerçek zamanlı risk yönetimi açısından önemli olanaklar sunduğu, buna karşılık veri güvenliği, algoritmik şeffaflık ve etik sorumluluk gibi yeni tartışma alanlarını da gündeme taşıdığı vurgulanmaktadır (Shah & Mishra, 2024; El-Helaly, 2024). Bu çerçeveden bakıldığında literatürde, YZ tabanlı uygulamaların İSG'nin geleneksel “reaktif” yapısını aşarak “proaktif” ve öngörüye dayalı bir risk yönetimi anlayışına geçişi mümkün kıldığı, ancak ampirik kanıtların sektörler ve ülkeler arasında heterojen bir dağılım gösterdiği ifade edilmektedir (Park & Kang, 2024).

Literatürde yapay zekâ destekli İSG uygulamalarının üç temel teknoloji ekseninde yoğunlaştığı görülmektedir: (i) Uzman sistemler (Expert Systems) ve bilgi tabanlı karar destek sistemleri, (ii) makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı risk tahmin ve sınıflandırma modelleri, (iii) IoT ve giyilebilir sensör ağlarına dayalı gerçek zamanlı izleme altyapıları. Yapay zekânın meslek hastalıkları ve iş kazalarının erken öngörüsünde tanınal doğruluğu ve müdahale hızını artırdığı, özellikle çok değişkenli veri setleri üzerinde eğitilen ML modellerinin risk analizi süreçlerine güçlü bir öngörü kapasitesi kazandırdığı belirtilmektedir (Shah & Mishra, 2024; Vivian vd., 2025). Bu bulgular, klasik istatistiksel yöntemlerin ötesine geçen veri yoğun ve dinamik yaklaşımların İSG risk analizinde giderek merkezi bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme uygulamalarının sahadaki karşılığı özellikle görüntü işleme temelli risk tespit sistemlerinde belirginleşmektedir. Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalar, kişisel koruyucu donanım kullanımının denetlenmesi, tehlikeli davranışların otomatik olarak tespiti ve riskli durumların gerçek zamanlı izlenmesi amacıyla geliştirilen derin öğrenme tabanlı modellerin yüksek doğruluk oranlarına ulaştığını ortaya koymaktadır (Aslan & Yağımlı, 2023). Benzer biçimde, sektörel iş kazası verileri üzerinde geliştirilen yapay sinir ağı tabanlı modellerin, özellikle yüksek riskli sektörlerde (inşaat, madencilik vb.) kaza olasılığının öngörülmesinde karar vericilere önemli katkılar sunduğu belirtilmektedir (Ayan vd., 2024). Bununla birlikte, bu tür modellerin veri kalitesi, model genellenabilirliği ve sahadaki uygulama koşulları açısından dikkatli metodolojik tasarımlar gerektirdiği de vurgulanmaktadır (Ayan vd., 2024).

Nesnelerin interneti ve giyilebilir teknolojilere dayalı yaklaşımlar ise İSG alanında “Güvenlik 4.0” olarak nitelendirilen yeni bir izleme ve yönetim paradigmasının gelişmesine zemin hazırlamaktadır. IoT tabanlı sensör ağları sayesinde sıcaklık, gürültü, gaz konsantrasyonu ve titreşim gibi çevresel parametreler sürekli izlenebilmekte; çalışanların konum ve hareket verileri üzerinden dinamik risk haritaları üretilebilmektedir (Erol & Eraslan, 2024). Ancak bu teknolojilerin İSG amaçlı kullanımının, mahremiyet, gözetim, veri sahipliği ve algoritmik şeffaflık bağlamlarında önemli etik ve hukuki sorunları da beraberinde getirdiği belirtilmektedir (El-Bouchikhi vd., 2024). Bu durum, YZ ve IoT tabanlı çözümlerin yalnızca teknik etkinlik değil, aynı zamanda güçlü bir veri yönetimi ve etik çerçeve ile birlikte ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Türkçe literatürde YZ ve dijital teknolojilerin İSG alanına yansımalarını inceleyen çalışmaların sayısında son yıllarda belirgin bir artış gözlenmektedir. Türkiye’de yapılan çalışmalarda, uzman sistemlerden büyük veri analitiğine kadar uzanan geniş bir teknoloji yelpazesinin İSG uygulamalarında kullanılmaya başlandığı ve bu dönüşümün ulusal politikalar açısından stratejik bir önem taşıdığı vurgulanmaktadır (Ayan vd., 2024). Bununla birlikte mevcut ulusal literatürün, uzman sistemler, makine öğrenmesi ve IoT entegrasyonunu özellikle bütünleşik bir “risk analizi mimarisi” çerçevesinde ele alan çalışmalar açısından hâlen sınırlı olduğu görülmektedir (Erol & Eraslan, 2024; Aslan & Yağımlı, 2023).

İSG'nin teknolojik boyutunun yanı sıra örgütsel ve kültürel boyutu da dijital çözümlerin etkinliğini belirleyen kritik bir unsurdur. İş sağlığı ve güvenliği kültürünün ölçülmesine yönelik geliştirilen ölçekler, yönetim taahhüdü, çalışan algısı ve örgütsel iklim gibi faktörlerin güvenlik performansı ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Olçay, 2021). Bu bağlamda, YZ destekli risk analizi sistemlerinin güvenlik kültürü ile bütünleştirilmemesi durumunda, teknoloji odaklı fakat sosyo-teknik bağlamı eksik çözümler üretme riski ortaya çıkmaktadır (Olçay, 2021; WHO & ILO, 2021).

Bu çerçevede bu çalışma, uzman sistemler, makine öğrenmesi ve IoT entegrasyonuna dayalı yapay zekâ destekli risk analizi yaklaşımlarını hem uluslararası literatür hem de Türkiye bağlamı üzerinden sistematik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, bu üç teknolojik düzlemin İSG risk analizi süreçlerinde nasıl bütünleştirilebileceği, hangi teknik ve kurumsal sınırlılıkları barındırdığı ve etik-hukuki yönetim açısından ne tür gereklilikler ortaya çıkardığı tartışılmaktadır. Böylece Türkiye'de İSG'nin dijital dönüşümüne yönelik denetlenabilir, sürdürülebilir ve standartlarla uyumlu bir çerçeveye kavramsal katkı sunulması hedeflenmektedir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında yapay zekâ temelli uygulamaların mevcut durumunu bütüncül bir perspektifle değerlendirmek ve bu doğrultuda bütünlük bir sistem mimarisi önermek amacıyla nitel bir literatür incelemesi yaklaşımını benimsemektedir. Araştırma süreci, anlatı temelli literatür incelemesi (narrative literature review) ile kavramsal çerçeve geliştirme yaklaşımının birlikte kullanıldığı iki aşamalı bir metodolojik yapı üzerine kurgulanmıştır.

İlk aşamada, iş sağlığı ve güvenliği, yapay zekâ, makine öğrenmesi, açıklanabilir yapay zekâ (Explainable Artificial Intelligence – XAI) ve nesnelerin interneti (Internet of Things – IoT) alanlarında yayımlanmış ulusal ve uluslararası çalışmalar kapsamlı bir biçimde incelenmiştir. Bu kapsamda literatür taraması; Web of Science, Scopus, IEEE Xplore ve Google Scholar veri tabanları üzerinden yürütülmüş, tarama sürecinde “occupational health and safety”, “artificial intelligence”, “machine learning”, “explainable AI”, “XAI”, “Internet of Things”, “IoT” ve “smart safety systems” gibi anahtar kelimeler tekil ve kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. İnceleme sürecinde çalışmaların güncelli-

ği, araştırma konusu ile doğrudan ilişkisi ve uygulamaya dönük potansiyeli temel seçim kriterleri olarak esas alınmıştır.

İkinci aşamada, elde edilen bulgular tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiş; literatürde çoğunlukla birbirinden bağımsız ele alınan teknolojik bileşenler (uzman sistemler, makine öğrenmesi modelleri ve IoT altyapıları) kavramsal düzeyde bütünleştirilmiştir. Bu sentez süreci, literatürde önerilen mimari yaklaşımlar ve açıklanabilirlik gereksinimleri dikkate alınarak yürütülmüş ve sonuçta iki katmanlı bir sistem mimarisi önerisi geliştirilmiştir.

Benimsenen bu metodolojik yaklaşım, özellikle çok disiplinli ve karmaşık araştırma alanlarında teori geliştirme ve kavramsal model oluşturma çalışmalarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, katı sistematik inceleme protokollerinin ötesine geçerek daha esnek ancak analitik temelleri güçlü bir değerlendirme çerçevesi sunmaktadır (Peters vd., 2020). Ayrıca, kullanılan veri tabanları ve anahtar kelimeler literatür kapsamını sınırlandırabileceğinden, elde edilen bulguların alanın tamamını temsil etme düzeyi bu çerçevede değerlendirilmelidir.

3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

3.1. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, belirli bir problem alanında insan uzmanların karar verme süreçlerini kural tabanlı bir bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması aracılığıyla modelleyen yapay zekâ uygulamaları olarak tanımlanmaktadır (İçen & Günay, 2014). Bilgi tabanı, alan uzmanlarından türetilen kurallar ve olguların yapılandırılmış biçimde temsilini içerirken, çıkarım mekanizması bu kurallar ile yeni sonuçlara ulaşarak kullanıcılara açıklanabilir karar destek çıktıları üretmektedir (Azadeh vd., 2008). Böylece uzman sistemler, özellikle belirsizlik içeren, çok değişkenli ve uzman bilgisine yoğun biçimde ihtiyaç duyulan alanlarda risk analizi ve karar destek fonksiyonlarının sistematik, tutarlı ve tekrar edilebilir biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır (Hadjimichael, 2009).

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) bağlamında uzman sistemlerin temel avantajı, dağınık ve çoğu zaman örtük durumda bulunan uzman bilgisini yapılandırılmış bir bilgi tabanına dönüştürerek sahadaki uygulayıcıların erişimine açmasıdır (Azadeh vd., 2008). Örneğin, sağlık, güvenlik, çevre ve ergonomi

göstergelerini birlikte ele alan bulanık uzman sistem tasarımlarında; proses parametreleri, maruziyet düzeyleri ve ergonomik risk faktörleri dilsel değişkenlerle ifade edilmekte, bu değişkenler bulanık kümeler ve kural tabanları üzerinden bütüncül bir performans ve risk değerlendirmesine dönüştürülmektedir (Azadeh vd., 2008). Benzer biçimde, ergonomik risklerin değerlendirilmesi için geliştirilen uzman sistemlerde, kas-iskelet sistemi bozukluklarına ilişkin semptomlar, iş istasyonu özellikleri ve organizasyonel faktörler aynı bilgi tabanı içinde bütünleştirilerek işçilerin risk profili hakkında nicel çıktı üretilmekte ve önleyici öneriler sunulmaktadır (Pavlovic vd., 2016).

Uzman sistemlerin risk analizi süreçlerine katkısı, özellikle belirsizliğin yüksek olduğu alanlarda daha belirgin hale gelmektedir. Havacılık gibi yüksek riskli sektörlerde geliştirilen bulanık uzman sistemler, çok sayıda risk faktörünü ve bu faktörler arasındaki etkileşimleri modelleyerek operasyonel risk düzeyini nicel bir risk endeksine dönüştürmekte, böylece insan yargısını tamamlayan sistematik bir risk değerlendirme çerçevesi sağlamaktadır (Hadjimichael, 2009). Benzer şekilde, kömür madenciliği gibi kompleks ve çok boyutlu tehlike profiline sahip çalışma ortamlarında, uzman sistemler ve yapay sinir ağlarını birleştiren hibrit yaklaşımlarla gaz, toz, iklim koşulları, titreşim ve jeoteknik göstergeler gibi çok sayıda parametre tek bir güvenlik durum değerlendirmesine indirgenebilmekte; bu sayede maden ortamının genel güvenlik düzeyi ve tehlike kategorisi bütüncül biçimde izlenebilmektedir (Lilić vd., 2010).

İş sağlığı ve güvenliği performansının değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda da uzman sistem mantığının, özellikle bulanık mantıkla birleştiğinde, belirsizlikleri yönetme ve nitel değerlendirilebilir bilgiyi nicel skorlara dönüştürme kapasitesi nedeniyle sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Farklı endüstrilerde güvenlik performansının bulanık yaklaşımla değerlendirilmesi, kaza sıklığı, şiddeti, eğitim düzeyi, yönetim taahhüdü ve davranışsal göstergeler gibi çok sayıda kriterin uzman görüşüne dayalı olarak ağırlıklandırılmasını ve tek bir güvenlik performans endeksinde birleştirilmesini mümkün kılmıştır (Berihä vd., 2012). Bu tür çalışmalar, uzman sistemlerin yalnızca tehlike ve risk düzeylerini sınıflamakla kalmayıp, aynı zamanda iyileştirme önceliklerinin belirlenmesinde de etkin bir karar destek aracı olduğunu ortaya koymaktadır (Azadeh vd., 2008).

Türkiye bağlamında bakıldığında, uzman sistemler ve yapay zekâ tabanlı karar destek yaklaşımlarının İSG alanında giderek daha görünür hale geldiği görülmektedir. Uzman sistem kavramını istatistiksel yöntemlerle birlikte ele alan çalışmalar, kural tabanlı sistemlerin veri analitiği ve istatistikle entegrasyonunun, karar süreçlerinin hem şeffaflığını hem de öngörü gücünü artırdığını vurgulamaktadır (İçen & Günay, 2014). Yapay zekâ teknolojilerinin İSG alanındaki kullanımını inceleyen güncel derleme çalışmaları ise uzman sistemleri, makine öğrenmesi ve diğer yapay zekâ teknikleriyle birlikte “akıllı İSG çözümleri” ekosisteminin temel bileşenlerinden biri olarak konumlandırmakta, bu sistemlerin özellikle risk analizi, kaza tahmini ve tehlike sınıflandırma süreçlerinde önemli rol oynadığını göstermektedir (Ayan vd., 2024). Sektörel iş kazalarının yapay zekâ teknolojileri ve uzman sistem uygulamaları perspektifinden incelendiği çalışmalar, uzman sistemlerin maden, inşaat, metal gibi yüksek riskli sektörlerde kaza örüntülerinin belirlenmesi ve risk azaltıcı stratejilerin geliştirilmesinde tamamlayıcı bir araç olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır (Şengöz & Bozkurt, 2025).

Mevcut literatür, uzman sistemlerin İSG’de iki düzeyde kritik işlev gördüğünü göstermektedir:

- i. Risk faktörlerinin tanımlanması, sınıflandırılması ve görelî önemlerinin belirlenmesini sağlamak,
- ii. Saha uygulayıcılarına, politika yapıcılara ve yöneticilere yönelik açıklanabilir, izlenebilir ve standardize edilmiş karar destek çıktıları üretmek.

Bununla birlikte, mevcut çalışmaların önemli bir kısmı, uzman sistemleri çoğunlukla kural tabanlı ve tekil sistemler olarak ele almakta; makine öğrenmesi algoritmaları ve gerçek zamanlı IoT sensör verileriyle tam entegre, dinamik ve kendini güncelleyebilen uzman sistem örnekleri görece sınırlı kalmaktadır (Ayan vd., 2024; Şengöz & Bozkurt, 2025). Bu durum, özellikle iş sağlığı ve güvenliğinde yapay zekâ destekli risk analizi için uzman sistemlerin, makine öğrenmesi ve IoT altyapılarıyla bütünleşik yeni nesil hibrit mimariler çerçevesinde yeniden düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

3.2. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi (ML), karmaşık ve çok değişkenli iş sağlığı ve güvenliği (İSG) verilerinde örüntü tanıma ve öngörü üretme kapasitesi nedeniyle geleneksel risk analiz yaklaşımlarına önemli bir alternatif sunmaktadır. İş kazalarının çoğu doğrusal olmayan, çok faktörlü ve yüksek belirsizlik içeren süreçlerden kaynaklandığı için ML modelleri—özellikle karar ağaçları, rastgele ormanlar ve yapay sinir ağları—klasik istatistiksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir (Vivian vd., 2025).

Literatürde ML'nin, erken uyarı sistemleri, kaza olasılığı tahmini, davranış temelli güvenlik ve maruziyet analizinde etkin şekilde kullanıldığı, bu kullanımın İSG'nin reaktif yapısını daha proaktif bir risk yönetimi anlayışına dönüştürdüğü vurgulanmaktadır (Shah & Mishra, 2024). Türkiye'de yapılan çalışmalar da bu eğilimi doğrulamakta, örneğin derin öğrenme temelli görüntü işleme modelleriyle kişisel koruyucu donanım kullanımının otomatik tespit edildiği ve denetim süreçlerinde önemli ölçüde doğruluk artışı sağlandığı gözlemlenmektedir (Aslan & Yağımlı, 2023). Bununla beraber inşaat gibi yüksek riskli sektörlerde geliştirilen ML tabanlı kaza tahmin modelleri, özellikle dalgacık (wavelet) dönüşümü ile hibritleştirildiğinde, sınırlı veri setlerinde dahi anlamlı öngörü performansı sergilemektedir (Koç vd., 2022).

Literatürden elde edilen bulgular, ML'nin İSG risk analizinde güçlü bir bileşen olmakla birlikte, tek başına yeterli olmadığını; sensör verileri, uzman sistemler ve IoT altyapılarıyla bütünleşik hibrit mimariler içinde daha etkili sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Ayan vd., 2024).

3.3. IoT ve Sensör Tabanlı Sistemler

Nesnelerin interneti (IoT), iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında risklerin gerçek zamanlı ve sürekli izlenmesine olanak tanıyan önemli bir bileşen hâline gelmiştir. IoT tabanlı sensör ağları; sıcaklık, gaz yoğunluğu, titreşim, gürültü, ergonomik duruş, konum ve hareket gibi kritik çalışma ortamı göstergelerini anlık olarak toplayarak risk değerlendirme süreçlerini büyük ölçüde dönüştürmektedir (Park & Kang, 2024). Bu dönüşüm, İSG'de geleneksel olarak dönemsel gözlem ve manuel raporlamaya dayanan veri toplama süreçlerinin yerini, sürekli ve veri odaklı bir izleme yaklaşımına bırakması açısından önemlidir.

Giyilebilir sensörler, çalışanların fizyolojik durumunu ve ergonomik risk faktörlerini izleyerek özellikle kas-iskelet sistemi bozuklukları, yorgunluk, ısı stresi ve tehlikeli hareketler gibi olayların erken tespit edilmesini kolaylaştırmaktadır. Çalışanların duruş, hareket, ivme ve titreşim gibi verilerini işleyen bu sistemlerde, sensör verileri genellikle makine öğrenmesi algoritmalarıyla birleştirilerek davranışsal risklerin sınıflandırılması ve gerçek zamanlı uyarı oluşturulması mümkün olmaktadır (El-Helaly, 2024). Bu yapı, ergonomik risklerin yalnızca periyodik gözlemle değil, sürekli veri akışıyla yönetilebilmesini sağlamaktadır. IoT tabanlı izleme sistemlerinin bir diğer güçlü yönü, tehlike tespiti ve acil durum yönetimi süreçlerindeki katkılarıdır. Endüstriyel tesislerde gaz sızıntısı, sıcaklık artışı veya ekipman arızası gibi olaylar, dağıtık sensör ağları sayesinde erken aşamada fark edilebilmekte ve bu durum operasyonel güvenliğe doğrudan etki etmektedir (Erol & Eraslan, 2024). Benzer şekilde, yüksek riskli sektörlerde çalışanların konum takibi, kapalı alanlarda varlık doğrulama veya çarpışma risklerinin izlenmesi gibi uygulamalarda IoT sistemlerinin önemli performans kazançları sağladığı bilinmektedir (Ayan vd., 2024). Bununla birlikte IoT tabanlı İSG uygulamalarında mahremiyet, veri güvenliği ve gözetim temelli etik kaygılar belirgin biçimde öne çıkmaktadır. Özellikle çalışan davranışlarının sürekli izlenmesine dayalı sistemlerde veri sahipliği, şeffaflık, açık rıza ve veri minimizasyonu gibi ilkelerin teknik tasarımın ayrılmaz bir parçası olması gerektiği vurgulanmaktadır (El-Bouchikhi vd., 2024). Bu açıdan bakıldığında, IoT çözümlerinin yalnızca sensör performansı bakımından değil, aynı zamanda yönetim ve etik çerçevelerle uyumlu bir şekilde tasarlanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise IoT çözümleri, İSG’de veri üretimini hızlandıran, risk tespitini otomatikleştiren ve iş kazası oluşmadan önce tehlikeleri görünür kılan güçlü bir bileşendir. Ancak bu teknolojilerin en etkili biçimde çalışabilmesi; makine öğrenmesi modelleri, uzman sistemler ve açıklanabilir yapay zekâ teknikleri ile bütünleşik şekilde kullanıldığında mümkün olmaktadır. Bu nedenle IoT, İSG’de dijital dönüşümün yalnızca donanım boyutunu değil; aynı zamanda bütünsel bir risk analizi mimarisinin temel bileşenlerinden birini temsil etmektedir.

3.4. Hibrit Sistemler: Uzman Sistem + Makine Öğrenmesi + IoT Entegrasyonu

Yapay zekâ tabanlı İSG uygulamalarında son dönemde öne çıkan temel eğilim, tekil teknolojilerin yapısal sınırlılıklarını aşmayı hedefleyen hibrit mimarilerin geliştirilmesidir. Uzman sistemler, kural temelli ve açıklanabilir karar mekanizmaları sunmalarına karşın öğrenme yeteneğinden yoksundur; makine öğrenmesi modelleri yüksek öngörü doğruluğu sağlasa da yorumlanabilirlik ve geniş veri gereksinimi açısından kısıtlar taşır. IoT tabanlı sensör ağları ise çalışma ortamına ilişkin sürekli ve ayrıntılı veri üretmekle birlikte, bu ham verinin tek başına anlamlı bir risk göstergesine dönüşmesi mümkün değildir. Bu nedenle literatürde giderek artan biçimde, İSG alanında uzman sistemler, makine öğrenmesi ve IoT altyapılarını bütünleştiren hibrit yaklaşımların hem teknik etkililik hem de operasyonel uygulanabilirlik açısından en güçlü çözüm çerçevesini sunduğu kabul edilmektedir (Ayan vd., 2024). Türkçe literatürde, hibrit yapılar özellikle yüksek riskli sektörlerde dikkat çekmektedir. Örneğin, inşaat ve maden sektörlerinde yapılan çalışmalarda sensör verileri, bulanık mantık kuralları ve makine öğrenmesi algoritmalarının bir arada kullanıldığı, tehlikeli gaz seviyeleri, ekipman titreşimleri, duruş bozuklukları ve personel konum verilerinin tek bir güvenlik durumu skoruna dönüştürüldüğü hibrit yapılar geliştirilmiştir (Şengöz & Bozkurt, 2025). Bu mimariler, tekil modellere kıyasla hem daha yüksek doğruluk hem de daha açıklanabilir karar çıktıları sunmakta ve sahadaki denetim süreçlerini hızlandırmaktadır. Uluslararası literatürde hibrit sistemlerin öne çıkmasının temel nedenlerinden biri, öğrenebilen fakat açıklanabilir, sürekli veri toplayan fakat yorumlanabilir, kurala dayalı fakat adaptif bir güvenlik yönetimi ihtiyacının ön plana çıkmış olmasıdır. Örneğin, IoT sensörleri tarafından toplanan duruş, sıcaklık, gaz ve hızlanma verilerinin makine öğrenmesi algoritmalarıyla işlenmesi, ardından uzman sistemi kural tabanının bu çıktıları sınıflandırması hem gerçek zamanlı risk tahmini hem de açıklanabilir karar desteği sağlamaktadır (Park & Kang, 2024). Bu bütünsel yapı, İSG uygulamalarında “erken uyarı sistemlerinin” doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır.

Sensör verisinin sahadan anlık ve nesnel bilgi sağlaması, uzman sistemlerin “neden-sonuç” açıklamalarıyla birleştğinde, yöneticilerin eğitim, planlama ve anlık müdahale kararlarında daha etkin bir altyapı sunmaktadır (İçen & Günay, 2014). Bu nedenle hibrit sistemler gerek operasyonel süreçler ge-

rekse mevzuat uyum süreçlerinde İSG profesyonellerine yeni bir karar destek paradigması kazandırmaktadır.

Hibrit sistemlerin güçlü yönlerine rağmen literatürde karşılaşılan zorluklar arasında; farklı kaynaklardan gelen çok türde verinin entegrasyonu, veri kalitesi ve standardizasyon sorunları, gerçek zamanlı işlem yükü ve mahremiyet gereklilikleri yer almaktadır (El-Bouchikhi vd., 2024). Ayrıca hibrit mimarilerin saha uygulamalarında başarıya ulaşabilmesi için kurumların hem dijital altyapı kapasitesinin hem de veri yönetişimi süreçlerinin güçlü olması gerekmektedir (Ayan vd., 2024). Genel bir değerlendirme yapıldığında, hibrit sistemlerin, tehlikelerin erken tespiti, kaza tahmini, maruziyet izleme, ergonomik değerlendirme ve davranış analizi gibi birçok alt alanı tek bir çatı altında birleştirerek, tek bir teknolojiyle çözülemeyen karmaşık İSG sorunlarına yönelik bütünleşik bir yaklaşım sunduğu görülmektedir. Bu nedenle hibrit mimariler, İSG'nin dijital evriminde belirleyici ve uzun vadede merkezî bir rol üstleneceği öngörülmektedir.

3.5. Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI)

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında yapay zekâ (YZ) tabanlı modellerin yaygınlaşmasıyla birlikte, bu modellerin karar verme süreçlerinin şeffaf, izlenebilir ve gerekçelendirilebilir olması giderek daha kritik hâle gelmiştir. Derin öğrenme gibi yüksek karmaşıklığa sahip algoritmaların çoğu durumda “kara kutu” niteliği taşıması, özellikle insan hayatı ve çalışma koşullarına doğrudan etki eden güvenlik-kritik uygulamalarda önemli metodolojik ve etik sorunlar doğurmaktadır (Adadi & Berrada, 2018). Bu nedenle Açıklanabilir Yapay Zekâ (Explainable AI – XAI), YZ modellerinin içsel mantığını görünür kılmayı ve karar çıktılarını insan tarafından anlaşılabilir biçimde sunmayı hedefleyen tamamlayıcı bir yöntemler bütünü olarak ön plana çıkmıştır.

XAI, yalnızca model çıktılarının nedenlerini açıklamakla kalmaz; aynı zamanda sorumlu ve güvenilir YZ uygulamaları için gerekli şeffaflık, denetlenebilirlik, etik uyum ve hesap verebilirlik boyutlarını da güçlendirir (Barredo vd., 2020). İSG bağlamında bu gereklilik daha da belirgindir, zira çalışan güvenliğini etkileyen kararların belirsiz algoritmik çıktılarla açıklanması hem kabul edilebilirlik hem de hukuki uygunluk açısından risk yaratabilmektedir. Bu nedenle XAI, model tahminlerinin hangi özellikler tarafından yönlendirildiğini, hangi örüntülerin risk sınıflandırmasına yol açtığını ve hangi girdi-

lerin karar ağırlığını belirlediğini somut biçimde ortaya koyarak İSG profesyonellerinin karar süreçlerini daha öngörülebilir kılmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar XAI yaklaşımlarının özellikle yüksek riskli sektörlerde iş güvenliğini destekleyen bir karar mekanizması olarak başarıyla uygulandığını göstermektedir. Ormancılık gibi yüksek tehlike içeren sektörlerde yapılan çalışmalar, XAI'nin hem yüksek doğruluklu risk tahmini sağladığını hem de modelin dayandığı kanıt kullanıcıya açıklayarak kararların meşruiyetini artırdığını ortaya koymaktadır (Hoenigsberger vd., 2024). Bu durum, XAI'nin yalnızca teknik bir araç değil; aynı zamanda makine öğrenmesi modellerinin iş güvenliği bağlamında etik ve operasyonel olarak kabul edilebilir hâle gelmesini sağlayan bir yönetim unsuru olduğunu göstermektedir.

XAI literatüründe sıkça vurgulanan bir diğer boyut ise, açıklanabilirliğin yalnızca model çıktısına yönelik bir ek açıklama değil, aynı zamanda model geliştirme, doğrulama ve uygulanma süreçlerinin tamamını etkileyen bütünsel bir yaklaşım olmasıdır (Kabir vd., 2025). Bu bütünsel yaklaşım, özellikle hibrit İSG mimarilerinde daha da önem kazanmaktadır. Zira verilerin sensör ağlarından gerçek zamanlı olarak aktığı, modellerin öngörü ürettiği ve uzman sistemlerin karar kuralı oluşturduğu çok katmanlı yapılarda, açıklanabilirlik hem teknik uyumu hem de kullanıcı güvenini doğrudan belirlemektedir.

Bu çerçevede XAI, İSG'de giderek daha fazla benimsenen yapay zekâ uygulamalarının sorumlu, güvenli ve izlenebilir biçimde hayata geçirilmesi için temel bir bileşen niteliği taşımaktadır. Hem algoritmik şeffaflığı artırması hem de kullanıcıların model kararlarını sorgulayabilmesine olanak tanınması sayesinde XAI, İSG'nin dijital dönüşümünde yalnızca yardımcı bir teknik değil, aynı zamanda karar destek ekosisteminin vazgeçilmez bir metodolojik unsuru hâline gelmiştir.

3.6. Mevzuat, Standartlar ve Kurumsal Uyum

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında yapay zekâ, makine öğrenmesi ve IoT tabanlı teknolojilerin kullanımının artması, yalnızca teknik yenilikleri değil, aynı zamanda mevzuat, standartlar ve kurumsal yönetim açısından yeni sorumluluklar ve düzenlemeler gerektiren kapsamlı bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. YZ tabanlı karar destek sistemlerinin işyerlerinde kullanılması, verinin toplanma biçiminden işleme sürecinin etik niteliğine, algoritmik çık-

tının doğrulanmasından kurumsal denetim süreçlerine kadar pek çok alanın düzenleyici çerçeve ile uyumlu olmasını zorunlu kılmaktadır (El-Bouchikhi vd., 2024). Özellikle çalışan verilerinin sensör ağları ve giyilebilir teknolojiler üzerinden sürekli olarak izlenmesi, mahremiyet, veri minimizasyonu ve açığa gibi yükümlülükleri kurumlar için kaçınılmaz hâle getirmektedir.

Bu bağlamda uluslararası standartlar, YZ kullanımının yalnızca teknik değil, yönetişimsel boyutlarını da şekillendiren önemli referans noktalarıdır. Yapay zekâya ilişkin temel kavram ve terminolojiyi tanımlayan ISO/IEC 22989 ile YZ sistemlerinin yaşam döngüsüne ilişkin süreçleri düzenleyen ISO/IEC 23053, güvenilirlik, izlenebilirlik ve doğrulanabilirlik ilkelerinin hem tasarım hem de operasyon aşamalarında geçerli kılınmasını şart koşmaktadır. Benzer şekilde ISO 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi standardı, tehlike tanımlama ve risk değerlendirme süreçlerinin sistematik ve süreklilik arz eden bir yaklaşımla yürütülmesini zorunlu kılmakta, YZ ve IoT tabanlı çözümler bu gereklilikleri daha nesnel, kanıta dayalı ve gerçek zamanlı veri akışıyla destekleyen araçlar olarak konumlanmaktadır (Erol & Eraslan, 2024). Bununla birlikte bu sistemlerin uygulanması, model çıktılarının doğrulanması, algoritmik kararların denetlenebilir hâle getirilmesi ve modelin kurumsal risk yönetişimi süreçleriyle uyumlu biçimde bütünleştirilmesi gibi ek uyum mekanizmalarını gerektirmektedir.

Açıklanabilir yapay zekâ (XAI), bu mevzuat ve standartlar evreninin merkezinde yer almaktadır. Zira çalışan güvenliği gibi yüksek riskli alanlarda, bir modelin belirli bir riski neden ürettiğinin açıklanamaması hem mevzuat uyumunu zorlaştırmakta hem de kurumsal hesap verebilirlik bağlamında önemli sakıncalar yaratmaktadır. XAI teknikleri, YZ çıktılarının hangi değişkenlere dayandığını görünür kılarak hem yöneticilerin karar süreçlerini daha öngörülebilir hâle getirmekte hem de denetim ve iç kontrol mekanizmalarının güçlenmesine katkı sunmaktadır (Adadi & Berrada, 2018; Kabir vd., 2025). Bu nedenle XAI, sadece teknik bir iyileştirme aracı değil, aynı zamanda YZ tabanlı İSG uygulamalarının hukuki ve kurumsal uygunluğunu mümkün kılan temel bir yönetim bileşeni hâline gelmiştir.

Bununla birlikte literatüre giren çalışmaların, YZ tabanlı İSG uygulamalarının kurumsal uyum bağlamında karşılaştığı başlıca zorlukların; veri kaynaklarının çeşitliliği, model doğrulama süreçlerinin belirsizliği, algoritmik tarafsızlığın sağlanması ve sensör tabanlı izleme teknolojilerinin etik sınırla-

rının tanımlanması gibi kritik alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir (Hoenigsberger vd., 2024). Bu nedenle kurumların YZ kullanımına yönelik politikaları; veri yönetişimi, etik uyum, algoritmik şeffaflık, açıklanabilirlik, erişim kontrolü ve risk iletişimi gibi çok katmanlı yapıların bütünleşik bir biçimde ele alındığı kapsamlı bir çerçevede tasarlanmalıdır. Bu değerlendirmeler ışığında, yapay zekâ tabanlı İSG uygulamalarının başarıyla hayata geçirilmesi; teknik doğruluk kadar, hatta çoğu durumda ondan daha fazla ölçüde, mevzuata uyum, etik ilkeler ve kurumsal yönetim mekanizmalarının etkin biçimde işletilmesine bağlıdır.

4. SİSTEM MİMARİSİ ÖNERİSİ

Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliğinde (İSG) yapay zekâ temelli risk analizinin uygulanabilmesi için, veri toplama, veri işleme, analitik-modelleme, karar destek ve kurumsal entegrasyon aşamalarından oluşan “Katmanlı Yapısal Mimari, (Şekil.1)” ve bu katmanların uygulanmasını dört kavramsal eksende yöneten “Tasarım İlkeleri (Şekil.2)” olmak üzere iki düzeyli bir mimari çerçeve önerilmektedir.

Bu ayrım, literatürde XAI, IoT ve ML temelli güvenlik sistemlerinin önerdiği mimari yaklaşımların sistematik taramasıyla (El-Bouchikhi vd., 2024; Hoenigsberger vd., 2024; Adadi & Berrada, 2018; Barredo Arrieta vd., 2020; Erol & Eraslan, 2024) uyumludur. Böylece önerilen mimari, teknik bileşenler ile uygulamayı yöneten ilkeleri açık biçimde birbirinden ayıran bütüncül bir çerçevede oluşturulmuştur. Önerilen mimari, hibrit ve açıklanabilir bir YZ yapısının hem güvenilirlik hem de kurumsal işleyiş açısından zorunlu olduğu yönündeki literatür bulguları da dikkate alınmıştır (Adadi & Berrada, 2018; Barredo Arrieta vd., 2020).

4.1. Katmanlı Yapısal Mimari

Önerilen katmanlı yapısal mimari, işyerinde üretilen ham verinin kurumsal karar süreçlerine taşınmasını sağlayan beş temel katmandan oluşur. Bu katmanlar, literatürdeki parçalı modelleri bir araya getirerek sensör verisi, makine öğrenmesi, açıklanabilirlik ve kurumsal entegrasyon bileşenlerinin bütünleşik biçimde çalışmasını amaçlamaktadır.

Katman 1. Veri Toplama Katmanı: Bu katman, sistemin işlevselliğini mümkün kılan temel veri üretim aşamasını oluşturur. IoT sensörleri, giyilebilir cihazlar,

çevresel izleme üniteleri ve iş ekipmanı telemetrisi aracılığıyla işyeri ortamına ilişkin anlık ve sürekli veri akışı sağlanır. El-Bouchikhi vd. (2024), bu tür sensör tabanlı veri toplama altyapılarının, İSG uygulamalarında gerçek zamanlı durum farkındalığı yaratmak açısından vazgeçilmez olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu katman, mimarinin hem niceliksel veri hacmini hem de niteliksel doğruluğunu belirleyen başlangıç noktasıdır.

Katman 2. Veri İşleme ve Hazırlık Katmanı: Veri toplama aşamasını takiben ham verinin doğrudan analitik modellere aktarılması mümkün değildir. Bu nedenle ikinci katman, verinin temizlenmesi, normalleştirilmesi, özellik çıkarımı yapılması ve olası anomali ya da gürültülerin giderilmesi gibi ön-işleme süreçlerini içerir. Veri kalitesinin korunması hem uzman sistem kurallarının geçerliliği hem de makine öğrenmesi modellerinin performansı açısından kritik öneme sahiptir. Bu katman, sistemin analitik doğruluğunu belirleyen bir metodolojik filtre işlevi üstlenmektedir.

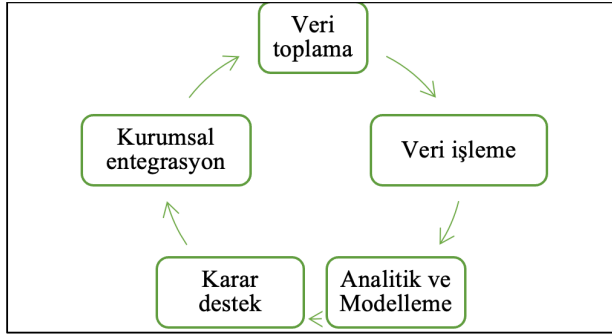
Katman 3. Analitik ve Modelleme Katmanı: Bu katman, mimarinin hesaplama ve çıkarım süreçlerinin yürütüldüğü çekirdek bölümünü oluşturur. Uzman sistem kuralları, alandaki mevcut uzmanlığın biçimsel olarak temsil edilmesini sağlarken; makine öğrenmesi modelleri, veri odaklı desenleri ve olasılık temelli risk göstergelerini öğrenir. XAI teknikleri (Shapley Additive Explanations- SHAP, Local Interpretable Model-agnostic Explanations-LIME vb.), bu modellerin karar mantığını görünür kılarak açıklanabilirliği artırır. Literatürde, yapay zekâya dayalı risk tahmini uygulamalarında açıklanabilirliğin özellikle güvenlik-kritik sektörlerde zorunlu olduğu doğrulanmaktadır (Hoenigsberger vd., 2024; Adadi & Berrada, 2018). Böylece bu katman hem sezgisel hem de veri temelli çıkarımı bütünleştiren hibrit bir yapıya sahiptir.

Katman 4. Karar Destek ve Uyarı Katmanı: Analitik çıktılar, bu katmanda kullanıcıya yorumlanabilir ve eyleme dönük biçimde sunulur. Üretilen risk skorları, durum analizleri, erken uyarı bildirimleri ve yönetsel raporlar; İSG uzmanları ve yöneticilerin operasyonel kararlarını desteklemeye yönelik olarak yapılandırılır. Barredo Arrieta vd. (2020), XAI tekniklerinin karar destek sistemlerinde kullanıcı güvenliğini artırdığını ve sistemin benimsenmesini kolaylaştırdığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda katman, yalnızca sonuç üretmekle kalmayıp, sonuçların neden üretildiğini açıklayarak hesap verebilirliği güçlendirir.

Katman 5. Kurumsal Entegrasyon ve Uyum Katmanı: Son katman, teknik çıktının kurumsal yönetim mekanizmaları ile bütünleştiği aşamayı temsil eder. Elde

edilen risk göstergeleri ve açıklanabilir karar çıktıları, ISO 45001 çerçevesinde yürütülen İSG yönetim süreçlerine entegre edilir. Bu katman veri koruma, erişim kontrolü, denetim kayıtları, şeffaflık ve hukuki uyum gibi yönetsel bileşenleri içerir. Erol ve Eraslan (2024), IoT temelli sistemlerin kurumsal süreçlere entegrasyonunda uyum ve veri güvenliği mekanizmalarının merkezi bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Şekil.1: Katmanlı Yapısal Mimari



4.2. Tasarım İlkeleri: Dört Kavramsal Eksen

Önerilen beş katmanlı yapısal mimari, uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından aşağıda açıklanan dört temel tasarım eksenini tarafından yönlendirilmektedir. Bu eksenler, sistemin teknik bileşenlerinin ötesine geçerek mimarinin nasıl tasarlanması, nasıl yönetilmesi ve kurumsal ortamlara nasıl entegre edilmesi gerektiğini belirleyen üst ilkeleri oluşturmaktadır.

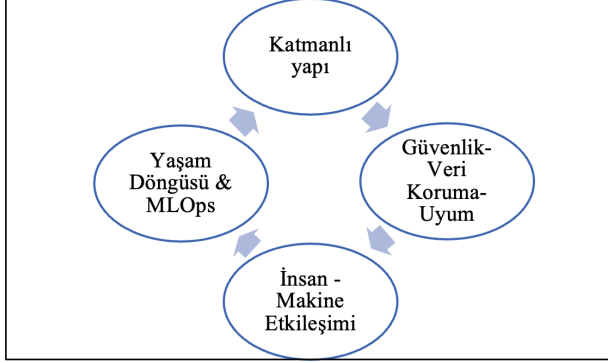
Eksen 1. Katmanlı Yapı İlkesi: Bu ilke, mimarinin temel akış mantığını oluşturarak, verinin işleme sürecinin ham veriden nihai karara doğru sistematik bir ilerleyiş içinde yapılandırılmasını belirtmektedir. Katmanlı yaklaşım, farklı işlevsel süreçlerin (veri toplama, ön işleme, modelleme ve karar desteği) birbirinden ayrılmasını ve her bir katmanın kendi işlevsel gereklilikleri doğrultusunda optimize edilmesini sağlamaktadır. IoT tabanlı İSG uygulamalarında bu düzenin sağlanmasının, veri bütünlüğü ve operasyonel güvenilirlik açısından kritik olduğu literatürde açık biçimde ortaya konmuştur (El-Bouchikhi vd., 2024). Bu nedenle katmanlı yapı ilkesi, mimarinin hem yatay hem dikey yönde tutarlılığını garanti eden temel tasarım eksenidir.

Eksen 2. Model Yaşam Döngüsü ve MLOps İlkesi: Bu eksen, yapay zekâ modellerinin tek seferlik çıktılar üreten statik yapılar değil, sürekli yenilenen ve güncellenen bir yaşam döngüsü içinde ele alınması gerektiğini belirtmektedir. Model geliştirme, doğrulama, dağıtım ve gerçek zamanlı izleme aşamalarının sistematik biçimde yürütülmesi, özellikle IoT kaynaklı yoğun veri akışının bulunduğu İSG ortamlarında model bozulması (model drift) ve performans düşüşlerinin önlenmesi açısından zorunludur. Erol ve Eraslan (2024), IoT ve İSG ilişkisinde sürekli güncellenen veri akışlarının sistem kalitesine etkisini ortaya koyarak, yaşam döngüsü temelli bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede Makine Öğrenmesi Operasyonları (Machine Learning Operations) MLOps süreçleri, modellerin güncelliğinin, güvenilirliğinin ve açıklanabilirliğinin sürdürülebilir biçimde yönetilmesini sağlayan kurumsal bir mekanizma görevi görür.

Eksen 3. Güvenlik, Veri Koruma ve Uyum İlkesi: IoT temelli iş güvenliği çözümleri, doğası gereği çalışan davranışı, konum bilgisi, çevresel maruziyet verileri gibi hassas veri türlerini işler. Bu durum, mimarinin yalnızca teknik performans açısından değil, aynı zamanda veri koruma, mahremiyet, hukuki uyum ve etik sorumluluklar açısından da tasarlanmasını zorunlu kılar. El-Bouchikhi vd. (2024), IoT tabanlı İSG uygulamalarında veri minimizasyonu, anonimleştirme, erişim kontrolü ve sürekli denetim kayıtlarının güvenli ve etik bir kullanım için temel gereklilikler olduğunu göstermektedir. Bu eksen, mimarinin kurumsal uyum ve güvenlik standartlarıyla bütünleşmesini sağlar. Aynı zamanda yönetimsel temeli oluşturur.

Eksen 4. İnsan-Makine Etkileşimi İlkesi: Son eksen, yapay zekâ sistemlerinin yalnızca teknik doğruluk ölçütleriyle değil, kullanıcıların sistemi nasıl algıladığı ve kararları nasıl yorumladığıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. XAI tekniklerinin ürettiği açıklamaların kullanıcıya açık, anlaşılır ve eyleme dönük biçimde sunulması, sistemin benimsenmesi ve etkin kullanımı açısından kritik bir faktördür. Hoenigsberger vd. (2024), iş güvenliği bağlamında XAI tabanlı açıklamaların karar destek süreçlerini güçlendirdiğini ve kullanıcı güvenliğini artırdığını göstermektedir. Bu nedenle insan-makine etkileşimi ilkesi, teknolojinin kurumsal ortamlarda etkili, güvenilir ve sorumlu biçimde kullanılabilmesi için gerekli olan insan merkezli tasarım anlayışını mimarinin temel bileşeni hâline getirir.

Şekil.2: Tasarım İlkeleri



Önerilen mimari, iş sağlığı ve güvenliği alanında sıklıkla birbirinden kopuk biçimde incelenen IoT tabanlı veri toplama, makine öğrenmesi modelleri, açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımları ve kurumsal uyum mekanizmalarını tek bir bütünlüklü çerçevede bir araya getirerek oluşturulmuştur. Özellikle XAI'nin tüm katmanlara yerleştirilmesi, sistemde kararların gerekçelendirilmesini mümkün kılarak, güvenlik gibi kritik uygulamalarda şeffaflığı artırmayı amaçlamaktadır. Sistemi ISO 45001 gibi standartlarla uyumlu bir yönetim çerçevesine taşıması amacıyla "kurumsal uyum" mimarinin temel bir bileşeni olarak tasarlanmıştır. Sürekli veri akışı bulunan İSG ortamlarında güvenilirliği güçlendirmek amacıyla ise, MLOps süreçlerinin eklenmiştir. Bu özellikler, mimariyi hem uygulanabilir hem de denetlenebilir kılarak, veri temelli tahmin gücü ile açıklanabilir kural tabanlı çıkarımı tek bir hibrit yapıda başarılı biçimde bütünlüştireceği değerlendirilmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, yapay zekâ temelli iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarına ilişkin ulusal ve uluslararası literatürü sistematik biçimde incelenmiş ve mevcut eğilimleri, metodolojik yaklaşımları ve kurumsal-etik sınırlılıkları bütüncül bir çerçevede ortaya konulmuştur. İnceleme bulguları, İSG’de dijitalleşmenin üç ana teknoloji ekseninde derinleştiğini göstermektedir: (i) uzman sistemler, belirsizlik içeren ortamlarda açıklanabilir karar kuralları sağlayarak risk değerlendirme süreçlerini standartlaştırmakta; (ii) makine öğrenmesi modelleri, karmaşık ve çok değişkenli veri yapılarında güçlü öngörü kapasitesi sunarak erken uyarı ve kaza tahmini uygulamalarını güçlendirmekte; (iii) IoT tabanlı sensör ağları ise çalışma ortamına ilişkin sürekli ve yüksek çözünürlüklü veri akışı sağlayarak risklerin anlık izlenmesini mümkün kılmaktadır (Azadeh vd., 2008; Hadjimichael, 2009; Vivian vd., 2025; Erol & Eraslan, 2024). Bununla birlikte literatür, bu üç teknolojinin çoğunlukla ayrı sınırlılıklara sahip olduğunu; uzman sistemlerin adaptasyon kapasitesinin sınırlı, ML modellerinin ise açıklanabilirlik ve veri gereksinimi açısından sorunlu olduğunu; IoT sistemlerinin ise güvenilir yorumlama için mutlaka analitik bileşenlere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (El-Bouchikhi vd., 2024; Ayan vd., 2024).

Bu bulgular ışığında çalışmada, literatürdeki parçalı teknik yaklaşımları bütünleştiren iki düzeyli özgün bir mimari önerilmektedir. İlk düzey olan beş katmanlı yapısal mimari, veri toplama, veri işleme, analitik-modelleme, karar destek ve kurumsal entegrasyon süreçlerini uçtan uca tanımlayarak YZ tabanlı risk analizi için tutarlı bir işleyiş şeması sunmaktadır. İkinci düzey olan dört kavramsal tasarım eksenine ise bu yapısal mimarinin nasıl tasarlanması ve uygulanması gerektiğini belirleyen üst ilkeleri ortaya koymaktadır: katmanlı yapı, model yaşam döngüsü ve MLOps, güvenlik-veri koruma-uyum ve insan-makine etkileşimi. Böylece önerilen mimari hem teknik doğruluk ve analitik geçerlilik hem de açıklanabilirlik, etik uygunluk ve mevzuat uyumu açısından bütünleşik bir çerçeve sunmaktadır. Literatürün özellikle XAI’nin güvenlik-kritik sektörlerde zorunlu olduğunu göstermesi (Adadi & Berrada, 2018; Barredo Arrieta vd., 2020; Hoenigsberger vd., 2024), mimaride açıklanabilirliğin tüm katmanlara gömülü bir ilke olarak yer almasını gerekli kılmıştır.

Bununla birlikte, literatürde tespit edilen boşluklar doğrultusunda gelecekteki araştırmalar için bazı özgül öneriler ortaya konulabilir. İlk olarak, önerilen hibrit mimarilerin ampirik olarak test edilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle IoT veri akışı, makine öğrenmesi modelleri ve uzman sistem kurallarının birlikte çalıştığı sistemlerin farklı sektörlerde (inşaat, madencilik, üretim vb.) performans karşılaştırmaları yapılmalıdır. Bu tür çalışmalar, önerilen mimarinin genellenebilirliğini ve pratik uygulanabilirliğini değerlendirmek açısından kritik öneme sahiptir. İkinci olarak, açıklanabilir yapay zekâ (XAI) tekniklerinin iş sağlığı ve güvenliği bağlamında nasıl ölçülebileceği önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Gelecek çalışmalar, açıklanabilirliğin yalnızca teknik bir özellik değil, aynı zamanda kullanıcı güveni, karar kalitesi ve müdahale hızına etkisini ölçen nicel göstergeler geliştirmelidir. Üçüncü olarak, MLOps süreçlerinin İSG sistemlerine entegrasyonu henüz yeterince incelenmemiştir. Özellikle model drift, veri güncelliği ve sürekli öğrenme mekanizmalarının güvenlik-kritik ortamlarda nasıl yönetileceği üzerine odaklanan çalışmalar, bu alandaki önemli bir boşluğu dolduracaktır. Son olarak, insan-makine etkileşimi boyutunun davranışsal ve bilişsel perspektiflerden ele alınması gerekmektedir. İSG uzmanlarının yapay zekâ destekli karar sistemlerine duyduğu güven, sistemin benimsenmesi ve etkin kullanımı açısından belirleyici bir faktördür. Bu nedenle gelecekteki araştırmaların, kullanıcı deneyimi, güven ve karar davranışı gibi değişkenleri içeren deneysel tasarımlar geliştirmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak çalışma, İSG’de yapay zekâ temelli dönüşümün yalnızca teknik bir süreç olmadığını; aynı zamanda veri yönetişimi, algoritmik şeffaflık, etik uyum, hesap verebilirlik ve kullanıcı güveni gibi çok katmanlı unsurlar tarafından belirlendiğini göstermektedir. Bu bağlamda uygulayıcı kurumlara yönelik üç temel öneri geliştirilebilir: (i) IoT, ML ve uzman sistem bileşenlerinin birlikte çalışmasını mümkün kılan hibrit mimariler benimsenmeli; (ii) XAI teknikleri hem model geliştirme hem de karar destek aşamalarının ayrılmaz bir parçası hâline getirilmeli; (iii) dijital İSG sistemlerinin mevzuat, veri güvenliği ve kurumsal yönetim standartlarıyla uyumu için sürekli denetim ve MLOps tabanlı izleme mekanizmaları kurulmalıdır.

KAYNAKÇA

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). IEEE Access, 6, 52138–52160. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>

Aslan, T., & Yağımlı, M. (2023). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Derin Öğrenme Tabanlı Risk Tespit ve Analizi. The Journal of International Scientific Researches, 8(2), 223-236. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/isrjournal/issue/78902/1288496>

Ayan, B., Taşçı, S., & Köksal, E. B. M. (2024). İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Kullanılan Yapay Zeka Teknolojilerine İlişkin İnceleme. Çalışma İlişkileri Dergisi, 15(2), 20-33. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cider/issue/86465/1496402>

Azadeh, A., Fam, I. M., Khoshnoud, M., & Nikafrouz, M. (2008). Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety, environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery. Information Sciences, 178(22), 4280–4300. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.06.026>

Barredo A. A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., ... Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. Information Fusion, 58, 82–115. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>

Beriha, G. S., Patnaik, B., Mahapatra, S. S., & Padhee, S. (2012). Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach. Expert Systems with Applications, 39(3), 3311–3323. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.018>

El-Bouchikhi, M., Weerts, S., & Clavien, C. (2024). The internet of things deployed for occupational health and safety purposes: A qualitative study of opportunities and ethical issues. Frontiers in Public Health, 12, 1468646, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1468646>

El-Helaly, M. (2024). Artificial intelligence and occupational health and safety, benefits and drawbacks. La Medicina del Lavoro, 115(2), 91–104. <https://doi.org/10.23749/mdl.v115i2.15835>

Erol, M., & Eraslan, E. (2024). Nesnelerin İnterneti, Uygulama Alanları ve İş Sağlığı ve Güvenliği ile Etkileşimi. Journal of Turkish Operations Management, 8(1), 73-89. <https://doi.org/10.56554/jtom.1258262>

Hadjimichael, M. (2009). A fuzzy expert system for aviation risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6512–6519. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.07.081>

Hoenigsberger, F., Saranti, A., Jalali, A., Stampfer, K., & Holzinger, A. (2024). Explainable Artificial Intelligence to Support Work Safety in Forestry: Insights from Two Large Datasets, Open Challenges, and Future Work. *Applied Sciences*, 14(9), 3911. <https://doi.org/10.3390/app14093911>

İçen, D., & Günay, S. (2014). Uzman Sistemler ve İstatistik. *İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya*, 7(2), 37–45. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jssa/issue/36636/417059>

Kabir, S., Hossain, M. S., & Andersson, K. (2025). A Review of Explainable Artificial Intelligence from the Perspectives of Challenges and Opportunities. *Algorithms*, 18(9), 556. <https://doi.org/10.3390/a18090556>

Koç, K., Ekmekcioğlu, Ö., & Gürgün, A. P., (2022). Accident prediction in construction using hybrid wavelet-machine learning. *Automation in Construction*, vol.133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103987>

Lilić, N., Obradović, I., & Cvjetić, A. (2010). An intelligent hybrid system for surface coal mine safety analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23(4), 453–462. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2010.01.025>

Olçay, Z. F. (2021). İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürü Ölçeği; Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (23), 678-685. <https://doi.org/10.31590/ejosat.892845>

Park, J., & Kang, D. (2024). Artificial Intelligence and Smart Technologies in Safety Management: A Comprehensive Analysis Across Multiple Industries. *Applied Sciences*, 14(24), 1-22. <https://doi.org/10.3390/app142411934>

Pavlovic-Veselinovic, S., Hedge, A., & Veselinovic, M. (2016). An ergonomic expert system for risk assessment of work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.11.008>

Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., ... Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIM Evidence Synthesis*, 18(10), 2119–2126. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>

Shah, I. A., & Mishra, S. (2024). Artificial intelligence in advancing occupational health and safety: An encapsulation of developments. *Journal of Occupational Health*, 66(1), 1-12 <https://doi.org/10.1093/joccuh/uiad017>

Şengöz, T. E., & Bozkurt, Y. (2025). İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Sektörel İş Kazalarının Yapay Zekâ Teknolojileri ve Uzman Sistem Uygulamaları Yönünden İncelenmesi. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 8(1), 17-44. <https://doi.org/10.51764/smutgd.1678632>

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

Vivian, N., Maheshwari, U., Yeboah, R. (2025). A comprehensive survey on machine learning for workplace injury analysis: Risk prediction, return to work strategies, and demographic insights. *Journal of Big Data*, 12, 167, 1-26. <https://doi.org/10.1186/s40537-025-01229-z>

World Health Organization & International Labour Organization. (2021). WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: Global monitoring report. World Health Organization & International Labour Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034945>

Kitap Kritiği:

Bolluk ve Ayrışma Arasında: İkinci Makine Çağı'nı Emek Payı ve Bölüşüm Penceresinden Okumak

Atıf | Citation: Ertürk E. (2026). Bolluk ve Ayrışma Arasında: İkinci Makine Çağı'nı Emek Payı ve Bölüşüm Penceresinden Okumak, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi, 4 (1). 146-158

Yazar:

Erik Brynjolfsson & Andrew McAfee

İkinci Makine Çağı:

Akıllı Teknolojiler Devrinde Çalışma,
İlerleme ve Refah

Çev. Levent Göktem

Türk Hava Yolları Yayınları, 2018

336 sayfa, Türkçe

ISBN: 978-605-220-206-7

Ersel Ertürk¹

¹ Dr. Öğretim Görevlisi, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bankacılık ve Sigortacılık Programı, İstanbul, erselerturk@esenyurt.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6932-1193

GİRİŞ

DİJİTAL ÜRETKENLİK DEVRİMİNİN BÖLÜŞÜM SORUNSAĞI

İçinde bulunduğumuz dönemi adlandırmaya çalışan her entelektüel çabanın er ya da geç yüzleştiğı bir soru vardır: Dijitalleşme, insanlık tarihindeki diğer büyük teknolojik kırılmalardan nitelik olarak farklı mıdır, yoksa onların yalnızca hızlanmış bir uzantısı mı? Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee'nin İkinci Makine Çağı başlıklı eseri (Brynjolfsson ve McAfee, 2018), bu soruya iddialı ve net bir yanıt vererek girer tartışmaya. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü bünyesinde dijital ekonomi üzerine çalışan iki yazarın 2014'te yayımladığı kitap, sanayi devriminin buhar makinesiyle insanın kas gücünün etkisini artırdığı gibi, dijital teknolojilerin de bu kez insanın zihinsel gücünün etkisini artırdığı bir eşiğe geldiğini öne sürer. Tarihsel ölçekte istisnai bir dönüm noktasıdır bu; nitekim eserin başlığındaki “ikinci makine çağı” kavramı da bu istisnai niteliğı daha en baştan okurun zihnine yerleştirmek üzere seçilmiş olabilir.

Kitabın çıkış noktası belirgin biçimde iyimser olsa da temel argümanı ikili bir gerilim üzerine kuruludur. Yazarlar, dijital teknolojilerin bir yandan benzeri görülmemiş bir ekonomik refah -kendi deyimleriyle bir “bolluk”- oluşturmağını, diğer yandan bu refahın dağılımında derin bir “ayrışma” doğuracağını ileri sürer. “Bolluk”, üretim hacminin, çeşitliliğın ve kalitenin artışı, fiyatların düşüşünü ve tüketicinin elde ettiğı faydanın genişlemesini anlatır; “ayrışma” ise bireyler, beceri grupları ve nihayetinde sermaye ile emek arasındaki ekonomik sonuç farklarının giderek açılmasını. İşte tam da buradadır kitabın asıl entelektüel gerilimi: Teknolojik ilerleme toplam refahı büyütürken, bu refahın kimlere ve hangi oranlarda gideceğı sorusunu açık bırakır; verimlilik ile bölüşüm arasındaki o klasik iktisadi gerilimi dijital çağın diline tercüme eder.

Bu incelemenin amacı, kitabı hem hak ettiğı takdirle hem de gerekli eleştirel mesafeye değerlendirmektir. Eserin en güçlü yönü, dağılık teknolojik ve iktisadi gelişmeleri tutarlı bir anlatı çerçevesinde birleştirebilmesi ve son derece karmaşık bir tartışmayı akademik ciddiyetinden ödün vermeden geniş bir okur kitlesine erişilebilir kılmasıdır. Buna karşılık kitap, özellikle bölüşüm ve emeğın payı tartışmasında, iktisat yazınının henüz çözmediğı bazı meseleleri fazlaca yerleşik kabuller üzerinden geçirir; teknolojiye zaman zaman

özerk bir fail muamelesi yapar; büyük ölçüde Amerika Birleşik Devletleri deneyiminden hareketle kurduğu argümanı küresel bir genelleme gibi sunma eğilimi taşır. İnceleme bu iki ekseni -kitabın kavramsal katkıları ile teorik ve ampirik açıklamaları- özellikle fonksiyonel gelir dağılımı ve sermaye-emek ikamesi literatürüyle çatıştırarak ele alacak; ardından eserin on yıllık bir gecikmeyle, üretken yapay zekâ çağından bakıldığında ne ölçüde tutarlı kaldığını soracaktır.

1. KİTABIN TEMEL TEZİ VE ARGÜMAN MİMARİSİ

Brynjolfsson ve McAfee'nin anlatısı, retorik açıdan oldukça güçlü bir karşılaştırmayla açılır. Yazarlara göre insanlık tarihinin gerçek kırılma anı ne tarihin keşfi ne de büyük imparatorlukların kuruluşudur; tarihin seyrini kökten değiştiren tekil olay, sanayi devrimi ve onun motoru olan buhar makinesidir. Nüfus, üretim ve yaşam standardı eğrilerinin binlerce yıl neredeyse yatay seyrettikten sonra on sekizinci yüzyılın sonunda âdeta dikey biçimde yukarı kıvrılması, bu iddianın hem görsel hem istatistiksel dayanağıdır. Yazarların tezi şudur: Bugün, benzer ölçekte ikinci bir bükülme noktasının eşiğindeyiz. Ama bu kez çoğaltılan şey kas gücü değil; biliş, muhakeme, dil ve örüntü tanıma gibi zihinsel kapasitelerdir. Kas gücünün çoğaltılması nasıl tarım toplumundan sanayi toplumuna geçişi mümkün kıldıysa, zihinsel gücün çoğaltılması da bundan sonraki dönüşümün taşıyıcısı olacaktır.

Kitabın argüman mimarisi üç katmana ayrılabilir. İlk katman betimleyicidir ve dijital teknolojinin neden tam da şimdi bu kadar hızlandığını açıklar. İkinci katman iktisadidir; bu hızlanmanın refah ile bölüşüm üzerindeki çifte etkisini, yani “bolluk” ile “ayrışma”yı çözümler. Üçüncü katman ise normatiftir ve teknolojik dönüşümün olumsuz sonuçlarını yumuşatacak politika önerilerini sıralar. Bu üçlü yapı, kitabı salt bir teknoloji övgüsünden ya da distopik bir uyarı metninden ayırarak, tanımlama-açıklama-öneri silsilesini izleyen daha disiplinli bir iktisadi denemeye dönüştürür. Yazarların kitap boyunca yinelediği “teknoloji kader değildir” ilkesiyse bu mimarinin ahlaki çıpasıdır: Sonuçlar teknolojinin doğasında önceden yazılı değildir; toplumsal kurumlar, kamu politikaları ve siyasal tercihlerle şekillenir. Hem kitabın en değerli sezgisidir bu ilke, hem de -ilerideki bölümlerde görüleceği üzere- kendi anlatısıyla en çok geriliminin yaşandığı nokta.

2. İKİNCİ MAKİNE ÇAĞININ ÜÇ DİNAMIĞI: ÜSTEL, DİJİTAL VE BİLEŞİMSSEL

Kitabın en didaktik ve en çok dikkat çeken bölümü, dijital ilerlemenin neden bu denli baş döndürücü hâle geldiğini birbirini güçlendiren üç dinamiklerle açıklayan kısımdır. Birincisi üstel büyümedir. Yazarlar burada yarı iletken teknolojisindeki gelişmeyi tarif eden Moore Yasası'na ve bunu somutlaştıran ünlü satranç tahtası benzetmesine başvurur. Ray Kurzweil'den ödünç alınan bu anlatıda, tahtanın her karesinde katlanan buğday tanesi miktarı, “ikinci yarıya” geldiğinde insanın sezgisel kavrayışını aşan astronomik büyüklüklere ulaşır. Yazarlara göre dijital teknoloji de tam bu ikinci yarıya, küçük katlanmaların aniden devasa sıçramalara dönüştüğü bölgeye girmiştir. Otonom araçların, makine çevirisinin ve doğal dil işleme uygulamalarının, daha birkaç yıl önce “asla bilgisayara devredilemez” sayılan görevleri neden birdenbire üstlenbildiğini açıklar bu çerçevede. İnsan zihni doğrusal düşünmeye yatkın olduğundan, üstel bir sürecin orta vadeli sonuçlarını sistematik biçimde olduğundan az tahmin eder; yazarların asıl uyarısı da budur.

İkinci dinamik dijitalleştirmedir. Bilginin sifıra yakın marjinal maliyetle kopyalanabilir, taşınabilir ve yeniden işlenebilir hâle gelmesi, ekonominin geleneksel kıtlık mantığını temelinden sarsar. Sıfır marjinal maliyetli mallar, klasik fiyat-miktar dengelerini bozar; üreticiler için ölçek ekonomilerini olağanüstü genişletirken, fiyat mekanizmasının değer ölçme kapasitesini de zayıflatır. İlerleyen sayfalarda işlenecek olan hem refah ölçümü hem de bölüşüm sorunlarının kökeni büyük ölçüde bu dinamikte yatar. Üçüncü ve kavramsal olarak belki en özgün dinamik ise bileşimsel ya da yeniden-birleştirici yeniliktir. Yazarlar, Paul Romer'in içsel büyüme kuramından beslenen bir bakışla (Romer, 1990), yeniliğin tükenen bir kaynak olmadığını; tersine, mevcut fikir ve teknolojilerin birbiriyle yeni bileşimlere girmesiyle katlanarak çoğaldığını savunur. Dijital platformlar bu bileşim olanaklarını üstel biçimde artırdığı için, yenilik kapasitesi azalmak şöyle dursun, ivmelenir. Bu üçlü çerçeve, kitabın iyimser çekirdeğinin teorik temelini oluşturur ve “neden şimdi?” sorusuna gerçekten ikna edici bir yanıt verir; kitabın en az itiraza uğrayan ve en kalıcı sayılan katkısı da zaten burasıdır.

3. “BOLLUK” TEZİ: ÜRETKENLİK, REFAH VE GSYİH’NİN ÖLÇÜM AÇMAZI

Kitabın iyimser yüzünü oluşturan “bolluk” argümanı, dijital teknolojinin toplam refahı tarihte görülmemiş ölçüde artırdığını ileri sürer. Yazarların buradaki en dikkat çekici müdahalesi, bu refah artışının büyük bölümünün geleneksel iktisadi göstergelerle, özellikle de gayrisafi yurt içi hasıla ile ölçülemediği iddiasıdır. Argüman şöyle kurulur: Dijital çağın ürettiği değerin önemli bir kısmı ücretsiz ya da neredeyse ücretsiz mallardan oluşur. Çevrimiçi ansiklopediler, dijital haritalar, arama motorları ve sayısız uygulama, tüketiciye muazzam fayda sağlamasına rağmen piyasa fiyatları üzerinden hasılaya yansımaz; hatta kimi zaman ücretli muadillerinin yerini alarak ölçülen hasılayı düşürür. Refahın gerçek düzeyini olduğundan az gösteren sistematik bir ölçüm yanlılığıdır bu yazarlara göre; tüketici artışının hâkim göstergelerle yakalanamamasının doğrudan sonucudur.

Bu tartışma, kitabın iktisat metodolojisine yaptığı en değerli katkılardan biridir ve refah iktisadının uzun süredir ihmal edilen bir gerilimini yeniden canlandırır: Ürettiğimiz değeri nasıl ölçtüğümüz, o değerin nasıl dağıldığına -hatta gerçekten artıp artmadığına- dair algımızı da biçimlendirir. Yazarlar, hasıla hesaplarının yirminci yüzyılın sanayi ekonomisini ölçmek üzere tasarlandığını, oysa yirmi birinci yüzyılın enformasyon ekonomisinde değerin giderek niceliğe değil niteliğe, fiyata değil erişilebilirliğe kaydığını ikna edici biçimde gösterir. Bu yönüyle kitap, salt bir teknoloji anlatısı olmanın ötesine geçer ve ölçüm kuramına dair felsefi bir tartışmayı da gündeme taşır.

Ne var ki kitabın argümanı tam bu noktada eleştiriye açıktır. Bir yandan dijital teknolojinin hasılda görünmeyen devasa bir refah meydana getirdiği, diğer yandan medyan gelirlerin durgunlaştığı tezi aynı anda savunulduğunda, ciddi bir gerilim doğar: Eğer üretkenlik gerçekten bu denli patlıyorsa, bunun ücretlere ve geniş kitlelerin refahına yansımaması -iktisat yazınında “üretkenlik paradoksu” diye bilinen sorun- yalnızca ölçüm hatasıyla açıklanamaz. Robert Gordon gibi iktisatçıların, dijital çağın üretkenliğe katkısının elektrik, içten yanmalı motor ya da modern sağlık gibi geçmiş genel amaçlı teknolojilerin katkısından çok daha sınırlı olduğu yönündeki karşı tezi (Gordon, 2016), kitabın iyimserliğine güçlü bir itirazdır. Eserin bu karşı teze yeterince yer ayırmadığı, dijital dönüşümün dönüştürücü gücünü büyük ölçüde varsayım olarak benimsediği söylenebilir. Kısacası “bolluk” tezi, ölçüm sorununu doğ-

ru teşhis eder; ama ölçülen ile ölçülemeyen arasındaki açığın büyüklüğünü kanıtlama konusunda görece zayıf kalır.

4. “AYRIŞMA” TEZİ: EŞİTSİZLİK, BECERİ VE EMEĞİN PAYI

Bu incelemenin merkezine oturan ve en tartışmaya değer bölümü, “ayrışma” başlığı altında bölüşüm sorununu ele alan kısımdır. Yazarlar burada, teknolojik ilerlemenin toplam refahı artırırken bu refahı son derece eşitsiz biçimde dağıttığını öne sürer ve bu eşitsizliği “büyük kopuş” kavramıyla adlandırır. İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde el ele yükselen üretkenlik artışı ile medyan ücret ve istihdam, 2000’li yılların başından itibaren birbirinden ayrılmıştır: Üretkenlik tırmanmaya devam etmiş, medyan hane geliri ile istihdam oranı ise durgunlaşmış, hatta gerilemiştir. Ortalama göstergelerin verdiği iyimser tablo yanıltıcıdır yazarlara göre; çünkü ortalamadaki artış, dağılımın üst ucundaki olağanüstü kazançların gölgesinde medyandaki durgunluğu gizler. Bu kopuşu açıklamak için de birbirini tamamlayan üç mekanizma sunarlar.

Birinci mekanizma, beceri-yanlı teknolojik değişimdir. Dijital teknolojiler, yüksek beceri gerektiren ve soyut muhakemeye dayanan işleri tamamlarken, rutin ve kurala bağlanabilir işleri ikame eder; böylece eğitimli ile eğitimsiz işgücü arasındaki ücret makasını açar. Bu argüman, rutin görevlerin otomasyonu ve işgücü piyasasının orta-beceri işler aleyhine “kutuplaşması” üzerine geliştirilen yerleşik ampirik yazınla uyumludur (Autor, Levy ve Murnane, 2003; Autor, 2015). Yazarlar burada makinenin yalnızca emeği ikame etmediğini, aynı zamanda belirli beceri türlerini tamamlayarak onların değerini artırdığını da vurgular; dolayısıyla teknolojinin etkisi tek biçimli bir tehdit değil, beceri türüne göre farklılaşan bir yeniden değerlendirilmedir. Kitabın en sağlam ampirik zemine oturan iddiasıdır bu.

İkinci mekanizma -ve kitabın en kritik ama aynı zamanda en eksik işlenmiş bölümlerinden biri- sermaye ile emek arasındaki ayrışmadır. Yazarlar, millî gelirden emeğe düşen payın uzun dönemde gerilediğini, buna karşılık sermayenin payının arttığını saptar ve bunu temelde otomasyonun emeği sermaye ile ikame etmesine bağlar (Acemoglu ve Restrepo, 2017). Kitabın argümanı burada fonksiyonel gelir dağılımı yazınının çekirdek tartışmasına dokunur; ama bu tartışmanın inceliklerini yeterince açmadan geçer. Zira teknolojik ilerlemenin emek payını düşürebilmesi, iktisadi teoride doğrudan değil

koşullu bir sonuçtur: Bu mekanizmanın işleyebilmesi için sermaye ile emek arasındaki ikame esnekliğinin birden büyük olması gerekir. Eğer bu esneklik birden küçükse, sermaye ucuzladığında emek payı azalmak yerine pekâlâ artabilir. Oysa ampirik literatürde söz konusu esnekliğin değeri kesin biçimde çözülmüş değildir; pek çok tahmin birin altına işaret eder, bu da sermaye yanlı teknolojik değişimin emek payını düşürdüğü anlatısını ampirik olarak tartışmalı kılar.

Dahası, emek payındaki düşüş yalnızca teknolojiyle değil; çok sayıda eş zamanlı süreç ile de açıklanabilir. Küreselleşme ve üretimin düşük ücretli ülkelere kayması, ürün ve emek piyasalarındaki yoğunlaşma ile firmaların fiyatlar marjlarındaki artış, sendikasızlaşma ve emeğin pazarlık gücündeki erime, asgari ücret rejimlerindeki değişimler, nihayet sermaye stokunun -özellikle konut ile gayri maddi varlıkların- ölçülme biçimi; hepsi emek payının seyrini etkileyen ayrı kanallardır. Yatırım malı fiyatlarındaki düşüşe dayanan teknolojik açıklamayla (Karabarounis ve Neiman, 2014), bölüşümü kurumsal yapı ve piyasa gücü temelinde okuyan açıklamalar arasındaki tartışma iktisat yazınında hâlâ canlıdır, uzlaşmaya da varılmış değildir. Kitap ise emek payındaki düşüşü neredeyse tartışmasız bir teknolojik sonuç gibi sunarak bu çok nedenli yapıyı düzleştirir; okuru, aslında üzerinde uzlaşılmamış bir nedensellik zincirinin sonucuna fazlasıyla emin bir dille ikna etmeye çalışır. Kitabın analitik dürüstlüğüne en çok sınındığı yer de tam burasıdır. Çünkü kendi içinde bir çelişki barındırır bu tutum: “Teknoloji kader değildir” diyen bir eserin, bölüşüm sonuçlarını bu kadar doğrudan teknolojiye bağlaması beklenmez.

Üçüncü mekanizma, “üstün başarılılar” ile geri kalanlar arasındaki ayrışmadır. Dijital teknolojilerin ölçeklenme maliyetini sıfıra yaklaştırması, kazananın neredeyse her şeyi aldığı piyasalar meydana getirir; en tepedeki küçük bir grubun gelir ve servet içindeki payını orantısız biçimde büyütür. Bir yazılımın, bir platformun ya da bir içeriğin küresel ölçekte ve neredeyse ek maliyet olmaksızın çoğaltılabilmesi, en iyi ile ikinci en iyi arasındaki küçük nitelik farkını devasa bir gelir farkına dönüştürür. Bu mekanizma, gelir dağılımının yalnızca beceri grupları arasında değil, dağılımın en üst ucunda yaşanan kopuşu açıklaması bakımından özellikle değerlidir ve sermaye birikiminin uzun dönemli dinamiklerini inceleyen çağdaş eşitsizlik çalışmalarıyla örtüşen bir tablo sunar (Piketty, 2021). Kitabın bu üç mekanizmayı bir arada vermesi, eşitsizliği tek bir nedene indirgemekten kaçındığı için takdire değer; ne var ki

mekanizmaların birbiriyle nasıl etkileştiği, hangisinin hangi dönemde ve hangi ülke grubunda baskın olduğu sorusu büyük ölçüde yanıtız bırakılmıştır.

5. TEKNOLOJİ MERKEZCİLİK GERİLİMİ VE KURUMSAL BOŞLUK

Kitabın “teknoloji kader değildir” ilkesini ısrarla tekrarlamasına rağmen, anlatının dokusunda bu ilkeyle çelişen bir teknolojik merkezizyetçilik eğilimi sezilir. Üstel büyüme, Moore Yasası ve satranç tahtası benzetmeleri, teknolojik ilerlemeyi neredeyse insan iradesinden bağımsız, kendi iç mantığıyla ilerleyen özerk bir güç gibi resmeder. Bu retorik, yazarların normatif çağrısını -sonuçların toplumsal tercihlerle şekillendiği iddiasını- zaman zaman zayıflatır. Teknoloji bu denli kaçınılmaz bir ivmeyle betimlendiğinde, kurumların, düzenleyici politikaların ve güç ilişkilerinin sonuçları biçimlendirme kapasitesi anlatının arka planına itilir; okurda “gelen geliyor, yapılabilecek tek şey ona uyum sağlamaktır” yönünde örtük bir izlenim oluşturabilir.

Kitabın en belirgin teorik açığı da bu noktada beliriyor: kurumsal ve siyasal değişkenlerin yetersiz işlenmesi. Emek piyasası kurumları, sendikaların gücündeki değişim, asgari ücret ve istihdam koruma politikaları, sermaye hareketliliğini düzenleyen rejimler, şirket yönetimindeki dönüşümler -yani bölüşümü teknolojiden bağımsız biçimde etkileyen tüm kurumsal mimari-kitapta ancak ikincil bir yer tutar. Oysa karşılaştırmalı politik iktisat yazını, aynı teknolojik şoka maruz kalan ülkelerin bölüşüm sonuçlarının kurumsal yapılarına göre çarpıcı biçimde farklılaştığını gösterir. Benzer otomasyon dalgalarına maruz kalan gelişmiş ekonomilerin emek payı, ücret eşitsizliği ve istihdam patikalarında gözlenen belirgin ayrışmalar, sonucu belirleyen teknolojinin kendisi değil, onun içine gömüldüğü kurumsal ve siyasal bağlam olduğunu düşündürür. Aynı robot bir ülkede işsizliğe yol açarken bir başkasında çalışma saatlerinin kısılmasına ya da ücretlerin korunmasına yol açıyorsa, bunu belirleyen teknoloji değil, onu kuşatan toplumsal sözleşmedir. Kitabın bu boyutu zayıf bırakması hem analitik bir eksiklik hem de kendi normatif çağrısıyla bir iç tutarsızlıktır.

6. REÇETELER: “İKTİSADA GİRİŞ” İLE RADİKAL ÖNERİLER ARASINDA

Kitabın normatif bölümü kısa ve uzun dönem olmak üzere ikiye ayrılır. Kısa dönem önerileri, yazarların açıkça “iktisada giriş ders kitabı reçetesi” dediği, görece ortodoks bir paket sunar: Eğitime yatırım yapmak ve özellikle makinelerin henüz beceremediği yaratıcılık, karmaşık iletişim ve geniş çerçeveli örüntü tanıma gibi becerileri geliştirmek; altyapıyı ve temel araştırmayı desteklemek, girişimciliği ve nitelikli göçü teşvik etmek, verimliliği artıran vergi düzenlemeleri yapmak. Öneriler tek tek makul, hatta büyük ölçüde tartışmasızdır; ama tam da bu yüzden kitabın teşhis ettiği sorunun radikalliğiyle orantısız kalır. Eğer gerçekten tarihsel ölçekte bir kırılmanın eşiğindeyseniz, standart bir büyüme politikası paketinin bu kırılmanın oluşturacağı bölüşüm sarsıntısını karşılamaya yeteceğini düşünmek, kitabın kendi teşhisiyle çelişen bir iyimserliktir. Tanısı konan hastalığın ağırlığı ile önerilen ilacın dozu arasında belirgin bir orantısızlık var, kısacası.

Yazarlar bu gerilimin farkındadır ve uzun dönem tartışmasında daha cesur seçenekleri masaya yatırır. Bunların başında, kökleri Keynes’in makinelerin neden olduğu işsizliğe dair öngörüsüne kadar uzanan (Keynes, 1930/2010) teknolojik işsizlik tartışmasına karşı sıkça önerilen koşulsuz temel gelir yer almakta. İlginçtir ki Brynjolfsson ve McAfee temel gelire mesafeli durur; onun yerine; çalışmayı ödüllendiren, çalışmanın sağladığı toplumsal aidiyeti ve onuru koruyan bir model olarak negatif gelir vergisi ya da kazanç vergisi kredisi benzeri araçları savunur. Bu tercih, yazarların “işin” salt bir gelir kaynağı değil; aynı zamanda anlam, kimlik, toplumsal bağ ve günlük yaşamın yapısını üreten bir kurum olduğu yönündeki örtük varsayımını açığa çıkarır. Savunulabilir bir normatif duruştur bu; ne var ki yazarların kendi tezleriyle gerilim içindedir. Çünkü eğer otomasyon gerçekten geniş işgücü kesimlerini kalıcı biçimde dışlayacaksa, çalışma temelli bir refah modelini sürdürmenin mümkün olup olmadığı sorusu yanıtız kalır.

Önerilerin tümünde asıl yanıtız kalan soru ise “nasıl?” sorusudur. Sermaye hareketliliğinin yüksek, emek pazarlık gücünün zayıfladığı ve büyük dijital firmaların kimi devletlerden daha fazla ekonomik güce sahip olduğu bir dünyada, önerilen yeniden bölüşüm ve eğitim reformu araçlarının siyasal failliği hangi kaynaktan doğacaktır? Kitap arzu edilir sonuçları ayrıntılı biçimde tarif eder; ne var ki bu sonuçlara hangi siyasal koalisyonlar ve hangi güç dengeleri

sayesinde ulaşılacağını büyük ölçüde belirsiz bırakır. Teknik bir iktisat metninin sınırları içinde anlaşılabilir bir tercihtir bu; ama kitabın “teknoloji kader değildir; sonucu biz belirleriz” iddiasının pratikte nasıl hayata geçeceği konusunda okuru tatminsiz bırakır.

7. ON YIL SONRA: ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDAN GERİYE BAKIŞ

Kitabın 2014 tarihli olması ilk bakışta bir güncellik kaybı gibi görünse de onu bugün özellikle ilginç kılan şey de tam budur; çünkü yazarların öngörülerini sınamak için artık on yılı aşkın bir gözlem penceremiz var. Karışık ama öğretici bir karne sunar bu geriye dönük bakış. Bir yandan kitabın temel sezgisi dikkat çekici biçimde isabetli çıkmıştır. Yazarların “makinelere yarışmak yerine makinelerle birlikte yarışmak” diye formüle ettiği tamamlayıcılık vurgusu, üretken yapay zekânın bilgi işçilerinin verimliliğini artıran bir araç olarak hızla yaygınlaşmasıyla çarpıcı biçimde doğrulanmıştır. İnsanın makineyle rekabet etmek yerine onunla iş birliği kurması gerektiği, kitabın en pratik ve en kalıcı tavsiyelerinden biri olarak değerini korur. Dilin, görüntünün ve yaratıcı içeriğin makineler tarafından üretilbilir hâle gelmesi de kitabın “asla otomatikleştirilemez sanılan görevlerin birer birer devrilmesi” temasını fazlasıyla teyit etmiştir.

Öte yandan, on yıllık deneyim kitabın bazı kategorilerini ciddi biçimde zorlar. Brynjolfsson ve McAfee'nin beceri yanlı teknolojik değişim modeli, otomasyonun esas olarak rutin ve düşük becerili işleri tehdit ettiği, yüksek becerili ve yaratıcı işlerin ise büyük ölçüde korunaklı olduğu varsayımına dayanır. Oysa üretken yapay zekâ tam da yazarların “insana özgü” saydığı yaratıcı, dilsel ve analitik görevlere yönelmiş; metin yazımından kod üretimine, görsel tasarımdan hukuki ve mali analize kadar yüksek beceri alanlarını doğrudan etkilemeye başlamıştır (Frey ve Osborne, 2017). Beceri düzeyi ile otomasyona açıklık arasındaki ilişkinin kitabın öngördüğünden çok daha karmaşık olduğunu gösterir bu durum; eserin “beceri merdiveninde yukarı tırman” biçimindeki temel politika önerisinin sınırlarını da açığa çıkarır. Eğer en yüksek beceri gerektiren işler de otomasyona açıksa, “daha fazla eğitim” tek başına yeterli bir kalkan olmaktan çıkar. Kitap, sezgisel çerçevesiyle hâlâ verimli bir başlangıç noktası sunar; ama somut görev-beceri eşleştirmeleri açısından güncellenmeye muhtaçtır. İncelemenin başında işaret edilen noktayı pekişti-

rır bu: İkinci Makine Çağı, kapanmış bir tartışmanın özeti olarak değil, hâlâ süren bir tartışmanın erken ve etkili bir müdahalesi olarak okunmalıdır.

8. TÜRKİYE BAĞLAMı: BULGULAR GELİŞMEKTE OLAN EKONOMİLERE TAŞINABİLİR Mİ?

Kitabın belki de en az sorgulanan, ancak Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler açısından en kritik varsayımı, anlatının coğrafi kapsamıdır. Brynjolfsson ve McAfee'nin "büyük kopuş", emek payındaki düşüş ve üstün-başarılı piyasalar üzerine kurduğu argümanın ampirik dayanağı, neredeyse tamamen Amerika Birleşik Devletleri'nin ve sınırlı ölçüde diğer ileri ekonomilerin verileridir. Kitap bu yerelliği yeterince işaretlemeyen, saptamalarını çoğu zaman evrensel bir teknoloji yasası gibi sunar. Oysa bir ülkenin teknolojik dönüşüm karşısındaki bölüşüm tepkisi, o ülkenin gelişmişlik düzeyine, sanayi yapısına ve emek piyasasının kurumsal niteliğine göre köklü biçimde değişir.

Nitekim fonksiyonel gelir dağılımı üzerine giderek genişleyen ampirik literatür, teknolojik mekanizmaların bölüşüm üzerindeki etkisinin ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre sistematik biçimde farklılaştığını ortaya koyar. Emek payının teknolojik ilerleme ve sermaye-emek ikamesi yoluyla gerilediği anlatı, esas olarak ileri ekonomilerde geçerlilik kazanır. Gelişmekte olan ekonomilerde ise bu mekanizma belirgin biçimde daha zayıf, hatta kimi tahminlerde istatistiksel olarak anlamsız kalır. Bunun nedenleri arasında görece düşük teknoloji yoğunluğu, kayıt dışı istihdamın yaygınlığı, kurumsal emek piyasası yapılarının farklılığı ve sermaye derinleşmesinin sınırlılığı sayılabilir. Önemli bir uyarı içerir bu asimetri: İkinci Makine Çağı'nın çizdiği bölüşüm tablosu, Türkiye gibi bir ekonomi için doğrudan bir kehanet değil, olsa olsa koşullu bir senaryodur.

Türk emek piyasası bağlamında, dijitalleşmenin istihdam ve bölüşüm üzerindeki etkisinin doğrusal değil; kademeli ve gelişmişlik düzeyine bağlı bir biçimde işlediğine, kısa vadeli yıkıcı etkilerin orta ve uzun vadede yeni iş alanlarıyla kısmen dengelenebildiğine dair bulgular, kitabın küresel genellemesini yerel düzeyde ihtiyatla karşılamak gerektiğini gösterir. Bu çerçevede eser, Türkiye'deki okuru için hazır bir reçete değil; iyi formüle edilmiş ve yerel verilerle sınanmayı bekleyen güçlü bir sorular kümesidir. Kitabın asıl katkısı da gelişmekte olan bir ekonominin teknolojik dönüşüm karşısında kendi kurumsal ve yapısal koşullarını dikkate alan özgün politika çerçeveleri geliştirmesi gerektiğini -dolaylı da olsa- hatırlatmasıdır.

SONUÇ

ETKİLİ BİR ÇERÇEVE, TAMAMLANMAMIŞ BİR BÖLÜŞÜM ÇÖZÜMLEMESİ

Erik Brynjolfsson ve Andrew McAfee'nin İkinci Makine Çağı, dijital dönüşümün iktisadi sonuçlarını anlamak isteyen herkes için hâlâ vazgeçilmez bir başlangıç metnidir. Eserin en büyük gücü, dağınık teknolojik gelişmeleri “bolluk” ve “ayrışma” gibi iki güçlü kavram etrafında tutarlı bir anlatıya dönüştürmesi; üstel, dijital ve bileşimsel dinamikleri tek bir açıklayıcı çerçevede birleştirmesi; son derece karmaşık bir iktisadi tartışmayı akademik titizliğinden ödün vermeden geniş bir okura açabilmesidir. Hasılanın dijital refahı ölçmedeki yetersizliğine dair tartışması ve üretkenlik artışının bölüşümden kopabileceğine dair “büyük kopuş” tezi, refah ve bölüşüm iktisadına kalıcı katkılar olarak anılmayı hak eder.

Bununla birlikte eserin zayıf yönleri de göz ardı edilemez. Kitabın “bolluk” tezi, ölçülemeyen refahın büyüklüğünü kanıtlama konusunda zayıf kalır; üretkenlik paradoksuna ve buna dayanan karamsar karşı tezlere yeterince yer ayırmaz. Daha önemlisi, incelemenin merkezine aldığımız emek payı tartışmasında kitap, sermaye-yanlı teknolojik değişimi neredeyse tartışmasız bir gerçek gibi sunar; ikame esnekliği, piyasa gücü, küreselleşme ve kurumsal değişkenleri içeren çok nedenli bölüşüm yapısını düzleştirir. “Teknoloji kader değildir” diyen bir kitabın, anlatı dokusunda teknolojik kaçınılmazlığa kayması ve kurumsal mimariyi ihmal etmesi, eserin en belirgin iç tutarsızlığıdır. Son olarak, büyük ölçüde Amerika Birleşik Devletleri deneyiminden türetilen saptamaların evrensel bir teknoloji yasası gibi sunulması, bulguların gelişmekte olan ekonomilere taşınabilirliğini sorgulanmadan bırakır.

Tüm bu eleştiriler, kitabın değerini ortadan kaldırmaktan çok, açtığı tartışmanın hâlâ ne kadar canlı ve tamamlanmamış olduğunu gösterir. İkinci Makine Çağı, dijitalleşmeyi yalnızca bir teknoloji meselesi olarak değil; refah, istihdam, eşitsizlik ve bölüşüm gibi iktisadın ve sosyal politikanın kalbindeki konuları doğrudan etkileyen yapısal bir dönüşüm olarak ele almasıyla, bilgi toplumu ve dijital ekonomi yazınında önemli bir başvuru noktası olmayı sürdürür. Eser, lisansüstü öğrenciler ile iktisat, çalışma ekonomisi ve dijital dönüşüm alanlarında çalışan araştırmacılar için, kabul edilecek bir doğrular bütünü olarak değil; eleştirel bir mesafeyle okunup kendi ampirik bağlamla-

rında sınanması gereken üretken bir kuramsal zemin olarak değerini korur. Belki de kitabın en kalıcı katkısı budur: “Teknolojiyle birlikte elde edeceğimiz refahı nasıl ve kimler arasında paylaşacağız?” sorusunu, on yıl önce olduğu kadar bugün de yakıcı biçimde sordurması.

KAYNAKÇA

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>

Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>

Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>

Gordon, R. J. (2016). The rise and fall of American growth: The U.S. standard of living since the Civil War. Princeton University Press.

Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2014). The global decline of the labor share. *Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61–103. <https://doi.org/10.1093/qje/qjt032>

Piketty, T. (2021). *Capital and Ideology*. Harvard University Press.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi (BTK Dergi), Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yayımlanan hakemli ve akademik dergidir. Dergide, Türkçe ve İngilizce olmak üzere; makale, çeviri, kitap tanıtımı ve araştırma raporları yayımlanmaktadır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Dergisi (BTK Dergi)'ne;
Yeni Medya ve İletişim
Siber Güvenlik
Haberleşme Teknolojileri
Yapay Zekâ
Bilgi Toplumu
Bilişim Hukuku
Nesnelerin İnterneti
Büyük Veri
Dijital Mahremiyet
Blok Zinciri Teknolojisi
Dijitalleşme ve Toplum
konularındaki çalışmalar kabul edilmektedir.

Web Sitesi: <https://dergi.btk.gov.tr/>

Dergipark: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/btkdergi>

Twitter: <https://twitter.com/btkdergi>

Instagram: <https://www.instagram.com/btkdergi/>

İletişim: dergi@btk.gov.tr