



SAYIŞTAY DERGİSİ

JOURNAL OF TURKISH COURT OF ACCOUNTS

ISSN: 1300-1981 eISSN: 2651-351X

Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekanın Kamu Yönetimi ve Denetimine Etkileri

*The Impact of Digital Transformation and Artificial
Intelligence on Public Administration and Auditing*

Özel Sayı Editörleri/Special Issue Editors

Prof. Dr. Adriana TIRON TUDOR, Babeş Bolyai Üniversitesi

Doç. Dr. Sezer BOZKUŞ KAHYAĞLU, İzmir Bakırçay Üniversitesi

Doç. Dr. Hacı Ömer KÖSE, T.C. Sayıştay Başkanlığı

Sayı/Issue: 139 - Aralık/December 2025

- **Utilizing Artificial Intelligence as a Strategic Risk Management Tool for Public Sector Operations and Auditing Processes**
Kamu Sektörü Faaliyetleri ve Denetim Süreçleri İçin Stratejik Risk Yönetim Aracı Olarak Yapay Zekanın Kullanılması
- **Algorithmic Systems and Democratic Oversight in Public Auditing**
Kamu Denetiminde Algoritmik Sistemler ve Demokratik Denetim
- **Algoritmik Denetim Çağında Sayıştay: Yapay Zeka Destekli Kamu Denetiminin Olanakları ve Sınırları**
TCA in the Age of Algorithmic Audit: The Possibilities and Limits of AI-Assisted Public Audit
- **Kamu Yönetiminde Dijitalleşme Sürecinin Bireylerin İyi Yönetim Hakkına Etkisi**
The Impact of Digitalisation in Public Administration on Individuals' Right to Good Administration
- **Yapay Zekâ Destekli Denetimin Kamu Harcamalarındaki Rolü: Sayıştay Örneği**
The Role of Artificial Intelligence Supported Auditing in Public Expenditures: The Case of Turkish Court of Accounts
- **A Data-Driven Approach to the Role Classification of Public Hospitals: Evidence from Türkiye**
Kamu Hastanelerinin Rol Sınıflandırmasında Veriye Dayalı Bir Yaklaşım: Türkiye'den Kanıtlar
- **Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekanın Tarım Politikası ve Uygulamalarındaki Yeri**
The Role of Digital Transformation and Artificial Intelligence in Agricultural Policy and Practices
- **Data-Driven Decision-Making for Smart City Investments**
Akıllı Şehir Yatırımları İçin Veri Odaklı Karar Verme
- **Sayıştay Kararları**
Decisions of Turkish Court of Accounts





SAYIŞTAY DERGİSİ

JOURNAL OF TURKISH COURT OF ACCOUNTS

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKANIN KAMU YÖNETİMİ VE DENETİMİNE ETKİLERİ

THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE ON PUBLIC ADMINISTRATION AND AUDITING

Özel Sayı/Special Issue

Cilt/Volume: **36** | Sayı/Issue: **139** | Aralık/December **2025**

ISSN: 1300-1981 | eISSN: 2651-351X

Sahibi/Owner

T.C. Sayıştay Başkanlığı adına (on behalf of the TCA)

Ahmet TEZCAN (Başkan Yardımcısı/Vice President) - atezcan@sayistay.gov.tr

Baş Editör/Editor in Chief

Doç. Dr. Hacı Ömer KÖSE (Bölüm Başkanı/Director General) - omerkose@sayistay.gov.tr

Özel Sayı Editörleri/Special Issue Editors

Prof. Dr. Adriana TIRON TUDOR, Babeş Bolyai Üniversitesi, Romanya
Doç. Dr. Sezer BOZKUŞ KAHYAĞLU, İzmir Bakırçay Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Hacı Ömer KÖSE, T.C. Sayıştay Başkanlığı, Türkiye

Editör/Editor

Muhammed Berat ATLI (Denetçi/Auditor) - muhammedberat.atli@sayistay.gov.tr

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü/Responsible Manager

Kübra TULUN (VHK İşletmeni/Data Control Operator) - kubra.tulun@sayistay.gov.tr

Yayın Kurulu/Editorial Board

Prof. Dr. Murat ÖNDER (Boğaziçi Üniversitesi) - murat.onder1@boun.edu.tr
Prof. Dr. Metin TOPRAK (İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi) - metin.toprak@izu.edu.tr
Prof. Dr. Abdulkerim ÇALIŞKAN (Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi) - abdulkerim.caliskan@hbv.edu.tr
Doç. Dr. Hacı Ömer KÖSE (Bölüm Başkanı/Director General) - omerkose@sayistay.gov.tr
Doç. Dr. Ahmet TANER (Denetim Planlama ve Raporlama Grup Başkanı/Head of Audit Planning and Reporting Dept.) - ataner@sayistay.gov.tr
Dr. Nihal OKUR (Uzman Denetçi/Principal Auditor) - nihalokur@sayistay.gov.tr
Ertan ERÜZ (Savcı/Prosecutor) - ertan.eruz@sayistay.gov.tr
Muhammed Berat ATLI (Denetçi/Auditor) - muhammedberat.atli@sayistay.gov.tr

Çeviri Editörleri/English Language Editors

Barbara İNAN - Vildan TAŞTEMEL

Dizgi ve Grafik Tasarım/Typesetting and Graphic Designer by

Mustafa Burak KIRPAÇ

Yayın Türü ve Periyodu/Type and Period of Publication

Üç ayda bir yayımlanan yaygın süreli, açık erişimli, uluslararası ve hakemli bir dergidir.
The Journal is a double-blind peer-reviewed, open-access, international journal published quarterly.

Yayın Dili/Language

Türkçe ve İngilizce / Turkish and English

Baskı/Printed by

Sayıştay Başkanlığı Yayın İşleri Müdürlüğü/TCA Publishing Department

Baskı Tarihi/Print Date: Aralık/December 2025

Yönetim Yeri ve İletişim Bilgileri/Correspondence

Sayıştay Dergisi Editörlüğü - 06520 Balgat-ANKARA/TÜRKİYE

Tel: +90 (312) 295 27 75 **Fax:** +90 (312) 295 40 93

E-mail: dergi@sayistay.gov.tr

Web

<http://dergi.sayistay.gov.tr>

<http://dergi.sayistay.gov.tr/en>

Tarandığı Index ve Veri Tabanları/Indexes and Databases

EBSCOhost, ERIH PLUS, DOAJ, ASCI, TÜBİTAK ULAKBİM TR Dizin



BİLİMSEL DANIŞMA KURULU/SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Tekin AKDEMİR	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye tekinakdemir@hotmail.com
Prof. Dr. Mehmet Alpertunga AVCI	Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye maavci@atauni.edu.tr
Prof. Dr. H. Kent BAKER	American University, Washington, DC, USA kbaker@american.edu
Prof. Dr. Yüksel BAYRAKTAR	Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye yuksel.bayraktar@ankara.edu.tr
Prof. Dr. Sabri BOUBAKER	EM Normandie Business School, Paris, France sabri.boubaker@gmail.com
Doç. Dr. Sezer BOZKUŞ KAHYAOĞLU	İzmir Bakırçay Üniversitesi, İzmir, Türkiye sezer.bozkus@bakircay.edu.tr.kg
Prof. Dr. Ramazan ÇAĞLAYAN	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara, Türkiye ramazan.caglayan@hbv.edu.tr
Prof. Dr. Abdulkerim ÇALIŞKAN	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara, Türkiye abdulkerim.caliskan@hbv.edu.tr
Prof. Dr. Adnan ÇELİK	Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye adnancelik@selcuk.edu.tr
Prof. Dr. Ali ÇELİKKAYA	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye acelikka@ogu.edu.tr
Prof. Dr. Wolfgang DRECHSLER	Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia w.drechslers@ucl.ac.uk
Doç. Dr. Gonca GÜNGÖR GÖKSU	Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye ggungor@sakarya.edu.tr
Prof. Dr. Ferda HALICIOĞLU	University of Lincoln, Lincoln, United Kingdom fhalicioglu@lincoln.ac.uk
Doç. Dr. Murteza HASANOV	Azərbaycan Dövlət İdarəçilik Akademiyası - Bakü, Azərbaycan m_hasanoglu@yahoo.com.tr
Prof. Dr. Farouk HEMICI	Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne - Paris, France farouk.hemici@univ-paris1.fr
Doç. Dr. Hakan KARABACAK	Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi, Ankara, Türkiye hakan.karabacak@asbu.edu.tr
Prof. Dr. Halit KESKİN	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye hkeskin@yildiz.edu.tr
Prof. Dr. Ali M. KUTAN	Southern Illinois University, Edwardsville, USA akutan@siue.edu

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU/SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Bruce MCDONALD	Old Dominion University, Norfolk, Virginia, USA bmcdonal@odu.edu
Prof. Dr. Hakkı ODABAŞ	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye hodabas@ybu.edu.tr
Prof. Dr. Murat ÖNDER	Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye murat.onder1@boun.edu.tr
Prof. Dr. Abuzer PINAR	Ankara Medipol Üniversitesi, Ankara, Türkiye abuzer.pinar@ankaramedipol.edu.tr
Prof. Dr. Şakir SAKARYA	Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye sakarya@balikesir.edu.tr
Prof. Dr. Fatih SAVAŞAN	Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye fsavasani@sakarya.edu.tr
Prof. Dr. Muhammad SHAHBAZ	Beijing Institute of Technology, Beijing, China Muhdshahbaz77@gmail.com
Prof. Dr. İbrahim SİRKECİ	International Business School, Manchester, UK sirkeci@gmail.com
Prof. Dr. Nazan SUSAM	İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye nsusam@istanbul.edu.tr
Prof. Dr. Adriana TIRON TUDOR	Babeş-Bolyai University - Cluj-Napoca, Romania adriana.tiron@econ.ubbcluj.ro
Prof. Dr. Metin TOPRAK	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye metin.toprak@izu.edu.tr
Prof. Dr. Gökhan TUNCEL	İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye gokhan.tuncel@inonu.edu.tr

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

MAKALELER/ARTICLES

Utilizing Artificial Intelligence as a Strategic Risk Management Tool for Public Sector Operations and Auditing Processes

Kamu Sektörü Faaliyetleri ve Denetim Süreçleri İçin Stratejik Risk Yönetim Aracı Olarak Yapay Zekanın Kullanılması

Oğuz Ümit TAMER, Bruce D. McDONALD, Farouk HEMICI, Georgia KONTOGEORGA.....659-680

Algorithmic Systems and Democratic Oversight in Public Auditing

Kamu Denetiminde Algoritmik Sistemler ve Demokratik Denetim

Hamza ATEŞ.....681-709

Algoritmik Denetim Çağında Sayıştay: Yapay Zeka Destekli Kamu Denetiminin Olanakları ve Sınırları

TCA in the Age of Algorithmic Audit: The Possibilities and Limits of AI-Assisted Public Audit

Yusuf UZUN, Fatma Nur UZUN711-742

Kamu Yönetiminde Dijitalleşme Sürecinin Bireylerin İyi Yönetim Hakkına Etkisi:

Akıllı Yönetimlerde Yapay Zeka Teknolojisi Kullanımının Değerlendirilmesi

The Impact of Digitalisation in Public Administration on Individuals' Right to Good Administration: An Evaluation of the Use of Artificial Intelligence Technology in Smart Administration

Burçin BOZDOĞANOĞLU743-770

Yapay Zekâ Destekli Denetimin Kamu Harcamalarındaki Rolü: Sayıştay Örneği

The Role of Artificial Intelligence Supported Auditing in Public Expenditures: The Case of Turkish Court of Accounts

Hakan ÖZDEMİR, Alim YELBOĞA771-802

A Data-Driven Approach to the Role Classification of Public Hospitals: Evidence from Türkiye

Kamu Hastanelerinin Rol Sınıflandırmasında Veriye Dayalı Bir Yaklaşım: Türkiye'den Kanıtlar

Tevfik BULLUT, Aziz KÜÇÜK.....803-829

Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekanın Tarım Politikası ve Uygulamalarındaki Yeri

The Role of Digital Transformation and Artificial Intelligence in Agricultural Policy and Practices

Ahmet BAĞCI.....831-858

Data-Driven Decision-Making for Smart City Investments: A Multi-Criteria Framework for Strategic Digital Governance

Akıllı Şehir Yatırımları İçin Veri Odaklı Karar Verme: Stratejik Dijital Yönetişim İçin Çok Kriterli Bir Çerçeve

Musab Talha AKPINAR, Cem KORKUT.....859-888

25. INTOSAI Kongresi ve ŞARM EL-ŞEYH Deklarasyonu

25. INTOSAI Congress and Sharm El-Sheik Declaration

Semih ZENCİRKIRAN.....891-894

Türk Devletleri Yüksek Denetim Kurumları Birliği (TURKSAI) Kuruldu

The Organisation Supreme Audit Institutions of Turkic States (TURKSAI) has been Established

Anıl Şenol UZUN895-896

SAYIŞTAY KARARLARI / DECISIONS OF TURKISH COURT OF ACCOUNTS

Temyiz Kurulu Kararları - Decisions of Board of Appeal.....899-908



UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A STRATEGIC RISK MANAGEMENT TOOL FOR PUBLIC SECTOR OPERATIONS AND AUDITING PROCESSES

KAMU SEKTÖRÜ FAALİYETLERİ VE DENETİM SÜREÇLERİ İÇİN STRATEJİK RISK YÖNETİM ARACI OLARAK YAPAY ZEKANIN KULLANILMASI

Oğuz Ümit TAMER¹

Bruce D. MCDONALD III²

Farouk HEMICI³

Georgia KONTOGEORGA⁴

ABSTRACT

Symbolizing a significant turning point in the historical landscape, AI is becoming an effective tool in today's public administration, not only for increasing capacity, quality, and speed in services, but also for strategic risk management. Regulators and algorithmic auditing play a central role in implementing fairness, transparency, and persistent controls against risks in AI systems. Discussing modern applications of AI, such as anomaly-based fraud detection, resource estimation, and continuous auditing, and their respective strengths and weaknesses, this study concludes that AI significantly enhances efficiency and oversight but also poses the risk of enshrining bias, opacity, and accountability gaps. By considering AI as a dual-use technology that demands a proactive paradigm of accountability, the study demonstrates that AI has the potential to help build more resilient and responsible public sector systems.

1- Principal Auditor, Turkish Court of Accounts, ORCID: 0000-0002-1848-9743.

2- Prof. Dr., Old Dominion University, USA, ORCID: 0000-0001-8963-8606.

3- Prof. Dr., University of Paris 1-Panthéon Sorbonne, ORCID: 0000-0002-27289372.

4- Dr., Internal Auditor, European Commission, ORCID: 0000-0002-9830-324X.

Submitted/Gönderim: 28.10.2025, **Revised/Revizyon:** 05.12.2025, **Accepted/Kabul:** 05.12.2025

Corresponding/Sorumlu Yazar: Oğuz Ümit TAMER, oguz.tamer@sayistay.gov.tr

To Cite/Atıf: Tamer, O.Ü., McDonald, B.D., Hemici, F. and Kontogeorga, G. (2025). Utilizing Artificial Intelligence as a Strategic Risk Management Tool for Public Sector Operations and Auditing Processes. TCA Journal/Sayıştay Dergisi, 36(139), 659-680. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1819606>

ÖZ

Tarihsel akışın önemli bir dönüm noktasını simgeleyen YZ, günümüz kamu yönetiminde sadece hizmetlerde bir kapasite, kalite ve hız artışının değil, aynı zamanda stratejik bir risk yönetiminin de etkili bir aracı haline gelmektedir. Düzenleyiciler ve algoritmik denetim, YZ sistemlerindeki risklere karşı adalet, şeffaflık ve kalıcı kontrollerin uygulanmasında merkezi bir rol oynamaktadır. Anomali tabanlı dolandırıcılık tespiti, kaynak tahmini ve sürekli denetim gibi yapay zekânın modern uygulamalarını ve bunların güçlü ve zayıf yönlerini tartışan bu çalışma, YZ'nin verimliliği ve denetimi büyük ölçüde artırdığı, ancak aynı zamanda önyargıyı yerleştirme, opaklık ve hesap verebilirlik boşlukları yaratma riskini de beraberinde getirdiği sonucuna varmaktadır. Yapay zekâyı proaktif bir hesap verebilirlik paradigması gerektiren çift kullanımlı bir teknoloji olarak ele alan çalışma, YZ'nin daha dayanıklı ve sorumlu kamu sektörü sistemleri oluşturmaya yardımcı olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Sector, Risk Management, Auditing, Algorithmic Bias.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Kamu Sektörü, Risk Yönetimi, Denetim, Algoritmik Önyargı.

INTRODUCTION

The extraordinary rapid development of the AI technology is making radical changes inevitable in the delivery of public services and the structure of public administration. The role of AI, which enables the intelligent interaction of information technologies with large data sets in strengthening decision-making and problem-solving capacity, is increasing daily and is driving revolutionary transformations in the functioning of states and societies. AI, which opens new horizons through the value provided by big data analytics and other new technological tools, has great potential to accelerate innovation and increase efficiency and effectiveness. These developments not only strengthen corporate governance in the public sector and support sustainability but also bolster strategic risk management and risk-based audit capabilities.

While AI reshapes democratic legitimacy mechanisms, it necessitates a redesign of the distribution and functioning of authority. This raises concerns that the adoption of AI in public services introduces systemic risks, specifically the potential for amplifying bias, increasing opacity, and weakening the implementation of democratic principles such as justice and equality. However, a more participatory, interactive, transparent, accountable, and ethically strengthened practice, far from weakening democratic governance, could make it much more effective and inclusive.

Algorithms developed in the auditing field through AI could pave the way for much more effective auditing by enabling continuous and timely analysis and instant reporting covering all areas. However, AI systems also pose significant risks, where inadequate oversight can conceal problems with algorithmic systems, potentially leading to the enshrinement of bias or legitimizing poorly designed systems. This raises concerns about the future of auditing, as institutions that fail to transform their assurance processes will inevitably provide false assurances about systems and statements, potentially obscuring accountability gaps (Goodman and Trehu, 2023: 302).

1. AI IN PUBLIC MANAGEMENT AND AUDITING

Artificial intelligence (AI) is increasingly portrayed as a transformative force in public-sector administration. Governments worldwide are piloting machine learning, natural language processing, and predictive analytics to enhance efficiency, reduce costs, and improve decision quality in areas such as welfare administration, budgeting, tax compliance, and fraud detection (Brookings Institution, 2021; Lee et al., 2024; Wirtz et al., 2019; Chung, 2025). Audit and oversight bodies are also experimenting with AI to strengthen assurance procedures and enable continuous monitoring that exceeds the limits of manual approaches (Issa, Sun, & Vasarhelyi, 2016; Kokina & Davenport, 2017; Yener et al., 2025). These trends suggest that AI is becoming not only a service-delivery tool but also a potential instrument of strategic risk management in government.

Yet the adoption of AI in sensitive public-sector contexts introduces significant risks. Algorithmic systems can amplify bias, obscure decision processes, and weaken public trust when deployed without adequate safeguards (Raji et al., 2020; Bandy, 2021). Recent controversies surrounding welfare fraud detection systems in Europe illustrate how poorly governed models can generate social harm (Wired, 2024). These cases underscore the need to align AI implementation with long-standing norms of public-sector governance such as fairness, proportionality, and due process (European Commission, 2024; OECD, 2019).

In response, regulators and standard-setting bodies have begun developing structured approaches to AI risk. The U.S. National Institute of Standards and Technology's AI Risk Management Framework emphasizes governance, measurement, and monitoring (NIST, 2023), while the European Union's Artificial Intelligence Act introduces a risk-based approach to high-impact public-sector applications (European Commission, 2024). Complementary guidance from organizations such as the OECD and G7 establishes principles intended to support the responsible adoption of AI in the public-sector AI (OECD, 2019; G7, 2023).

In practice, it is known that the use of AI in the audit sector is still in its infancy, and that both private sector audit institutions and supreme audit institutions (SAIs) in the public sector have conducted extensive research in this area. SAIs, driven by the need to use their resources effectively and efficiently, prefer to collaborate extensively in this area (Yener et al., 2025). These efforts are often conducted in collaboration with other SAIs because multiple perspectives are crucial for fully understanding the challenges of the task at hand. According to a survey conducted by the European Court of Auditors, SAIs will inevitably encounter some challenges in the medium term because of the use of AI systems by control institutions such as insufficient technical skills; compliance with legal, ethical, data protection and contractual obligations; the multidisciplinary complexity of the subject; the lack of business analysis skills in the institution; budgetary constraints etc. (European Court of Auditors, 2024). These findings underline the importance and logical basis of collaboration.

It is widely argued in the literature that AI can strengthen auditing processes in terms of efficiency, speed, risk prediction, and extensive data processing capacity. However, it can also increase vulnerabilities such as bias, lack of transparency, concentration of authority, and the erosion of procedural safeguards. Despite all its risks, algorithmic auditing, an inevitable necessity, is crucial to design it not merely as a means of capacity building or technological modernization, but as a key restructuring tool that will strengthen democratic governance in the public sector.

2. AI AND PROACTIVE RISK MANAGEMENT FRAMEWORK APPLICATIONS

AI systems are revolutionizing the way the public administration approaches risk, from a forensic and reactive mindset to a predictive and proactive one (Wirtz et al., 2019). This is true for both intrinsic administrative activities and for ancillary audit activities, in a context in which AI is employed not only for its effectiveness but also as a strategic means of anticipating financial, operating, and compliance risks.

2.1. AI in Core Public Sector Operations - Risk Mitigation

AI's strategic value in administrative and regulating authorities lies in filtering vast and intricate data streams to identify and categorize anomalies on a big scale. This function serves two valuable areas:

Traditional methods of detecting financial irregularities, such as welfare fraud and tax evasion, rely on existing business procedures and sporadic sampling, making them prone to significant false negatives and costly retrospective probes. By comparison, machine learning (ML) algorithms—notably supervised learning approaches—are trained on historic information to extract complex, non-evident patterns indicative of criminal activity (Brookings Institution, 2021). For example, predictive analytics may analyze tax returns or public benefit forms in real-time so agencies focus personnel on high-risk cases that would otherwise be auto-processed. This approach reshapes the role from a gatekeeping function to a sophisticated filtering of risk, thus minimizing leakage of public funds and optimizing compliance efforts (Wirtz et al., 2019).

In addition, AI tools make it possible, by the examination of information and data, to prevent misinformation and cyberattacks and to achieve greater transparency and competition, for example, in public procurement processes (Genaro-Moya et al., 2025). Increasing the traceability of processes through AI tools makes significant contributions to strengthening transparency and accountability (Yavuz, 2025), and ensuring transparency and accountability in public expenditures reduces the risk of corruption (Chen and Ganapati, 2023; Castro and Lopes, 2023; Köse and Polat, 2022).

Compared to traditional audit mechanisms, innovative approaches emerging with digitalization have the potential to make the anti-corruption process more effective and strengthen accountability by preventing asymmetric information. In this context, SAls must adapt their skills and techniques to be able to audit AI algorithms in their audits. Examples of good practices in this area are on the rise. Recent examples comprise; the use of ML/AI to detect non-existent schools claiming scholarship benefit (SAI India) or applying data mining and graph database to identify collusion issues in government procurement (SAI China) (SAI20, 2023).

However, risks of false positives and biased training data and consequent potential reputational and legal risks must not be overlooked. One such incident is the UK Post Office Horizon scandal, and while it predates modern generative AI, the underlying problem is the same:

Between 1999 and 2015, the Post Office prosecuted over 900 subpostmasters for theft and false accounting based entirely on financial discrepancies reported by the Horizon IT system (Post Office Horizon IT Inquiry, 2024). Auditors and investigators systematically accepted the system's output as absolute truth, ignoring evidence of software defects such as the "Dalmellington bug," which caused screen freezes that generated duplicate withdrawal entries when users repeatedly pressed keys (Bates v Post Office Ltd, 2019). Critically, the audit function failed to exercise professional skepticism, treating the "black box" data as a primary source of truth while disregarding corroborating human testimony or physical cash reconciliations. The High Court judgment noted that the system was not "robust" and that Fujitsu engineers retained undisclosed remote access to branch accounts, allowing them to alter transaction data without a visible audit trail—a direct violation of data integrity principles (Bates v Post Office Ltd, 2019). This reliance on flawed digital evidence without explainability or independent verification illustrates the "presumption of dependability" fallacy, where auditors default to trusting computer-generated records over human operators (Christie, 2020).

Aside from fraud prevention, AI also operates as a strategic early-warning system by increasing organizational foresight and operational resilience. Forecasting techniques, typically conducted using time-series analysis or natural language processing (NLP), assist governments in forecasting demand and making preparations to mitigate potential risks before they materialize. For

instance, ML systems are capable of predicting peaks in demand for a given social service or healthcare capacity (e.g., seasonal outbreaks of the influenza outbreaks or emergencies), and agencies are able to preposition staff and supplies (Wirtz, Weyerer, & Geyer, 2019).

An example of ML models being successfully deployed as dynamic predictive tools to manage capacity planning in high-pressure healthcare environments involves a pilot in England, UK, where the UK Health Security Agency developed ML pipelines to forecast short-term peak demand for health services during the 2022–23 winter season (Morbey et al., 2023). The models were trained on real-time syndromic surveillance data, such as telehealth cough calls and emergency department (ED) attendances for bronchiolitis in children, to forecast the timing and intensity of peaks for Respiratory Syncytial Virus (RSV) and Invasive Group A Streptococcal (iGAS) infections up to 28 days in advance. Crucially, the short-term forecasts demonstrated an ability to adapt and accurately predict a new, higher peak when the season became atypical due to an unexpected surge in iGAS cases, showcasing the superior adaptability of ML techniques over traditional time-series models in volatile scenarios. This proactive forecasting ability supports public health practitioners in optimizing critical resource allocation.

This application positions AI as a strategic operational risk management tool by increasing efficiency and reducing the possibility of service failure or crisis (Di Vaio et al., 2022). However, reliance on predictive models and therefore vulnerability to data quality issues or “black swan” events must also be kept in mind.⁵

2.2. AI in Public Sector Auditing Processes - Assurance and Oversight

The application of AI to public sector assurance processes greatly enhances the governance function through enhancements to both the breadth and the quality of assurance practices (Kokina & Davenport, 2017).

Public audits historically involved sampling on an infrequent basis. AI enables the Continuous Auditing (CA) model, where supervisory functions constantly examine the entirety of transactions and controls virtually in real-time (Issa, Sun, & Vasarhelyi, 2016; Coşkun and Bozkuş Kahyaoğlu, 2023). This

5- A black swan event is defined as an unpredictable, high-impact outlier that lies outside the domain of regular expectation and, despite its radical rarity, is rationalised and made to seem predictable only in retrospect.

is achieved largely by Robotic Process Automation (RPA) for the most mundane of data gathering and through a suite of ML algorithms for processing full data populations in a matter of instants for anomalies. This reduces drastically the built-in detection risk of conventional sampling and allows auditors to focus their expertise and judgment on those most troublesome or uncertain results, thus elevating the overall rigor of public accountability (Tiron-Tudor and Deliu, 2022).

AI techniques—particularly deep learning and sophisticated clustering algorithms—assist in recognizing subtle, multi-faceted anomalies that are likely to slip past human auditors or simple rule-based systems. Processing unstructured information (e.g., contracts and minutes of meetings) quickly using Natural Language Processing and matching it to structured financial data, AI enables a richer understanding of the activities of an agency. This enables not only recognizing possible fraudulent activities but also realizing important details about weaknesses in controls, thus boosting the capacity of the auditor to consider intrinsic risk and to create improved assurance plans (Kokina & Davenport, 2017). In the long run, the integration of AI tools is supposed to assist, not replace, human judgment, leading to a perceptible improvement in the quality of audits and rising confidence levels among stakeholders. Automation, analytics, and AI should be regarded as enablers akin to traditional computing technologies. These technologies are not intended to replace the human auditor; instead, they are expected to transform audit processes and the auditor's role (Köse and Polat, 2021; SAI20, 2023).

Nevertheless, as the development and implementation of AI systems by public administrations grow exponentially due to their potential to improve public services and reduce costs, new challenges and risks have also emerged. AI offers unprecedented opportunities to analyze vast quantities of data with speed and accuracy, but it also introduces new complexities in terms of governance, bias, and ethical use (Genaro-Moya et al., 2025).

3. RISKS OF AI, GAPS IN ACCOUNTABILITY, AND THE NEED FOR ALGORITHMIC AUDITING

The competitive advantage afforded to AI in the field of risk management is tempered with important responsibility and moral issues, especially when systems of this sort operate within essential public situations. This section focuses on the contradictions of AI by clarifying the ultimate causes of algorithmic risk and documenting the evolving governance structures necessary to bridge abstract responsibility and practical application.

3.1. Algorithmic Opacity, Bias, and Public Systemic Harm

AI governance's root problem is the intrinsic ambiguity and hidden potential for discrimination within sophisticated machine learning systems.

AI models, especially those employing deep learning techniques in domains such as classification and predictive scoring, function as opaque entities, rendering the underlying decision-making processes unintelligible to human operators and auditors (Bandy, 2021). Furthermore, much of the processing, storage, and use of information is performed by algorithms and in a non-transparent way, within a "black box" of virtually inscrutable processing, the content of which is unknown even to its programmers (Criado, 2021).

When AI systems are developed using historical data that reflects pre-existing systemic societal disparities (for instance, in areas like policing, lending, or welfare provision), they risk becoming mechanisms for perpetuating and amplifying discrimination. A notable instance of this can be observed in the implementation of welfare fraud detection systems across various European nations. The algorithms utilized to detect "anomalous" living patterns or "foreign affiliation" within Denmark's welfare framework have been demonstrated to disproportionately target minority populations and economically disadvantaged individuals for invasive investigations, thereby fostering an environment characterized by extensive surveillance and directing attention towards those whom the system is intended to assist (Wired, 2024). This scenario redefines a tool that was designed for the mitigation of financial risk into one that generates systemic social risks.

In a world of AI, risks of operations move from human errors to algorithm failures and data quality shortcomings. When an algorithm provides a negative outcome, an affected person faces an unbearable onus of proof and is unable

to challenge a decision of whose logic is blurred by proprietary techniques or technological sophistication. This lacuna of responsibility is also compounded by a lack of systematic documentation of an AI model's development, testing, and proposed use, thus making retrospective inquiry difficult or impossible (Raji et al., 2020).

3.2. The Response of Governance

Institutionalizing AI risk management to mitigate such risks, governments and international institutions have attempted to institutionalize responsibility through establishment of rigorous governance structures demanding risk analysis, transparency, and human oversight.

The European Union's Artificial Intelligence Act (AI Act) is a prime example of regulation based on a risk-based assessment, categorizing applications of AI on the basis of their potential to cause harm. Applications used for the purpose of public access, such as systems for credit scoring, or those used for detecting fraud and crime (especially in financial services and law enforcement), are designated as 'High-Risk' and thus trigger a comprehensive set of mandatory obligations (European Commission, 2024). These compulsory measures include establishing robust Quality Management Systems (QMS), ensuring the creation of detailed logging and traceability capabilities for audit trails, mandating rigorous human oversight mechanisms, and certifying high standards of data integrity and accuracy (European Commission, 2024). Crucially, the AI Act requires 'High-Risk' systems to undergo a conformity assessment, typically requiring third-party checks by a Notified Body, which functions as a regulatory audit to verify compliance before the systems can be placed on the market. In a similar vein, the OECD Guidelines on Artificial Intelligence (2019) also categorically refer to AI systems' responsibility, fairness, and transparency, and thus advocate for the creation of express mechanisms of redress, ensuring individuals have recourse against adverse, AI-driven decisions.

In the USA, the NIST Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) is a voluntary and non-regulatory framework designed for organizations to manage AI-related risks across the entire lifecycle (NIST, 2023). It assists organizations in conceptualizing and handling AI risk through four fundamental functions: Govern, Map, Measure, and Manage. The Govern

function establishes organizational priorities and risk tolerance; Map identifies specific risks within the AI context (e.g., sources of bias or false positives); Measure involves developing quantitative metrics and testing methodologies for trustworthiness attributes like reliability and fairness; and Manage requires taking action on the measured risks and communicating them to stakeholders (NIST, 2023). While voluntary, the AI RMF 1.0 is becoming a de facto standard for best practice, influencing contractual obligations and supply-chain risk management across the federal sector and private industry by providing the necessary policy infrastructure to transform aspirational values—such as those articulated by the OECD—into tangible operational procedures for responsible AI use.

3.3. Algorithmic Auditing

Algorithmic auditing functions as a concrete method to implement these governance frameworks and address the accountability deficiencies highlighted by AI systems. This process encompasses a comprehensive assurance methodology that assesses an AI system's adherence to predefined principles and regulations (Raji et al., 2020). Audits are of two types, the first being the deploying agency's internal ones and the second being conducted using independent oversight groups. Both of them include systematic thinking throughout the AI lifecycle:

- During the design & training phase, the main focus is data quality & bias, and the main concern is whether the data is fair and representative. Indeed, the development of algorithmic auditing tools can exhibit critical data quality and bias problems during the initial design phase, before any model training even occurs. A potent real-life illustration is the Dutch System Risk Indicator (SyRI), an algorithmic tool designed by the government to detect potential welfare and tax fraud. The system's design phase incorporated an inherent bias by intentionally selecting proxy variables—including ethnicity, low income, and residence in specific postal codes—that are known to correlate disproportionately with protected characteristics, effectively baking systematic discrimination into the risk scoring mechanism (LVV v The Netherlands, 2020). Simultaneously, severe data quality challenges arose from the aggregation of seventeen different government registers (e.g., tax, employment, housing, debt), which were not designed for integrated risk analysis. This

combining of siloed, disparate data sets compromised the integrity and context of the input, making the final risk score non-transparent and virtually impossible to audit or verify. The resulting algorithmic audit function, which flagged thousands of citizens for intensive manual investigation based on these biased inputs, was ultimately ruled by the Hague District Court to violate the right to privacy and constituted a disproportionate risk of discrimination under the European Convention on Human Rights.

- During development, the main audit focus is model documentation and accountability is established through mandating the use of tools like Model Cards to document intended use, ethical considerations and performance metrics (Mitchell et al., 2019).
- During deployment and monitoring, the main audit focus is systemic impact and accountability mechanism is probing the system for unintended negative consequences, especially discriminatory outcomes, through continuous monitoring (Bandy, 2021).

By institutionalizing algorithmic auditing, the public sector can ensure its powerful AI technologies remain aligned with the values of society and thus converts the proactive risk detection framework into a Proactive Accountability Paradigm. This creates an essential feedback mechanism for responsible AI application, whereby risks intuited through auditing are fed back to improve and refine governance structures in place.

4. MERGING RISK MANAGEMENT AND AUDITING THROUGHOUT THE AI LIFECYCLE

Successful public sector AI incorporation requires a shift from a reactive, incident-based framework to an overarching Proactive Accountability Paradigm, which integrates (in a systematic fashion) the use of risk management and algorithmic assurance across the full AI lifecycle. This ushering in enables a recurring feedback mechanism, ensuring that the instruments used to identify the risk are continuously under strong, “always-on” review.

4.1. The Comprehensive Governance Framework: From Inception to Decommissioning

The linchpin of the synthesis is to treat AI, rather than as a static IT acquisition, as a dynamic system controlled by a formal, multi-phased lifecycle, similar to constructs such as the NIST AI RMF. “Bake-in” responsibility, rather than “bolt-on” after-deployment, must occur “baked-in” during the first phase (Raji et al., 2020).

Prior to training or fielding, the public agency should be required to record the purpose and system limits, as well as the ethical risk landscape (European Commission, 2024). This necessitates the required use of artifacts like Model Cards⁶ (Mitchell et al., 2019) and Datasheets for Datasets⁷ (Gebru et al., 2021) to record the provenance, technical description, as well as the performance metrics, most notably disparate impact across subpopulations. Auditability should be a prime procurement factor, such that the AI is “designed to be auditable.”

As the system is implemented, it falls into a stage that consists of Continuous Auditing of AI (CAAI). As this approach shifts the assurance process from the annual snapshot review to a nearly real-time, automated verification process (Minkinen, 2022). Transaction data, as also the AI system itself, is then monitored continuously based on specified metrics relating to bias, fairness, and accuracy, thereby utilizing AI to provide assurance on the AI itself (Erasmus & Kahyaoglu, 2024).

4.2. Interconnectedness between Continuous Monitoring and Continuous Auditing

Integrated Model gives rise to a significant connection between two central technological competencies: Continuous Monitoring and Continuous Auditing.

6- Model Cards (Mitchell et al., 2019) are standardized short documents designed to accompany trained machine learning models, detailing their performance characteristics, intended use cases, and limitations. They are crucial for transparent model reporting, especially by providing disaggregated performance metrics across different demographic or phenotypic groups to surface potential bias.

7- Datasheets for Datasets (Gebru et al., 2021) is a structured documentation framework—analogue to datasheets for electronic components—those mandates recording a dataset’s creation, composition, collection process, recommended uses, and potential ethical or legal concerns. This protocol enhances data provenance and accountability before model training.

An AI system embedded in a public sector (e.g., identification of fraud) is always monitoring transactional data both for anomalies as well as non-compliance, so as to regulate operational risk. These systems, capable of analyzing massive, complex, and multi-source datasets, will create a new audit culture that will replace traditional audit practices, necessitating a revamped auditor profile accordingly. Audits will be conducted largely with technology support, but auditor judgment and skepticism will continue to be the foundation of successful audit outcomes (Köse, 2023).

The audit process uses an autonomous AI layer to continuously monitor the effectiveness and procedural soundness of the continuous monitoring process. In the event the fraud detection model suffers a sudden loss of accuracy, a shift in predictive outcomes, or a bias to unjustly single out a specific protected group—more traditionally called algorithmic drift—the Continuous Auditing process generates an alert for human review (Vasarhelyi et al., 2018).

This integration ensures that the Proactive Risk Management Paradigm (AI detecting public sector risk) is reliably checked by the Proactive Accountability Paradigm (AI detecting AI risk), creating a robust system of algorithmic checks and balances.

CONCLUSION: PROSPECTS FOR PUBLIC SECTOR ASSURANCE IN THE ERA OF AI

The application of AI within the public sector reveals a significant duality: it acts as both an exceptional catalyst for enhancing efficiency and facilitating proactive risk identification, while concurrently serving as a substantial magnifier of systemic risks associated with bias and accountability.

This study contends that effectively managing this duality necessitates the establishment of a Proactive Accountability Paradigm, which should be founded on the compulsory incorporation of algorithmic auditing and risk governance throughout the comprehensive lifecycle of AI systems.

Insights obtained based on this review that are important to policymakers as well as assurance professionals include:

First, the governance must come before the deployment. While regulations like the EU AI Act and frameworks like the NIST AI RMF provide necessary ground infrastructure, the future of public assurance goes beyond the act of auditing AI systems to the assessment of the framework and organizational processes that govern them, which requires explicit compliance with principles of fairness, transparency, and human oversight.

Secondly, assurance must be ongoing. Conventional, periodic auditing lacks the structural capacity to align with the dynamic and evolving characteristics of machine learning models. The principle of Continuous Auditing of AI (CAAI) ought to be established as the norm for high-risk applications in the public sector, employing automation to guarantee real-time monitoring and intervention.

Third, the working force will undergo augmentation, not full automation. While AI will be responsible for the high-volume, high-repetition tasks related to data analysis and anomaly identification, the role of the human auditor will shift to strategic judgments—to evaluate the ethical implications of algorithmic decisions, to devise fairness judgments, to interact with affected citizens, and to consult on the AI deployment implications of public value (Kokina & Davenport, 2017). We face, as the future challenge to the public sector leadership, the need to quickly build the necessary digital and ethical competencies among the current workforce to operate efficaciously in this augmented environment (Wirtz, Weyerer, & Geyer, 2019).

In the long run, the intention is to shift the public sector's interaction with AI from a serendipitous jump into technological dependency to a routine practice of technological stewardship. By embracing routine, lifecycle-based review, government agencies would be empowered to tap the vast potential of AI to advance the common good.

It is critical to solidify the conceptual foundation of the Proactive Accountability Paradigm by addressing key research gaps in measurement and assurance. While emerging policies stress AI trustworthiness, standardized, domain-agnostic methods are needed to quantify attributes like fairness and non-discrimination. Future work should define and validate quantitative fairness metrics that go beyond demographic parity to capture disparate impacts in complex public services (as seen in the Dutch SyRI welfare-

fraud case). In parallel, next-generation continuous auditing tools must be developed. These should integrate real-time explainability (XAI - explainable artificial intelligence) features to make opaque model decisions transparent and to detect algorithmic drift – the gradual degradation of a model’s integrity, accuracy, or fairness over time. If necessary, advances in auditable XAI and verifiable integrity metrics fail to materialize, and continuous assurance risks becoming a mere technical formality rather than a substantive safeguard for public-sector AI.

Future policy should shift from purely regulatory prescriptions toward practical implementation and capacity-building. A priority is establishing accredited, interdisciplinary training programs to bridge competency gaps among auditors and administrators. This will require structured cooperation between SAs and academic institutions to develop curricula in digital ethics, computational methods, and public law, thereby enhancing the workforce’s ability for effective strategic judgment. Further research should clarify legal and administrative remediation mechanisms for adverse AI-induced decisions and focus on methods that will reduce the excessive burden of proof on affected citizens. Ultimately, an agenda addressing these challenges will help ensure that the adoption of AI evolves into sustained technological stewardship, helping AI serve the public good with resilience and responsibility.

REFERENCES

- Bandy, J. (2021). Problematic machine behavior: A systematic literature review of algorithm audits. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(CSCW1), pp. 1–34. doi:10.1145/3449148.
- Bates v Post Office Ltd (2019). Bates v Post Office Ltd (No 6: Horizon Issues) [2019] EWHC 3408 (QB) [online]. <https://www.judiciary.uk/judgments/bates-others-v-post-office-ltd-judgment-no-6-horizon-issues/> (Accessed: 4 December 2025).
- Brookings Institutions – West, D.M. (2021). Using artificial intelligence and machine learning to reduce government fraud. *Brookings*. <https://www.brookings.edu/articles/using-ai-and-machine-learning-to-reduce-government-fraud/> (Accessed: 8 September 2025).
- Castro, C. and Lopes, I. C. (2023). E-government as A Tool in Controlling Corruption. *International Journal of Public Administration*, 46(16), 1137-1150.
- Chen, C. and Ganapati, S. (2023). Do Transparency Mechanisms Reduce Government Corruption? A Meta-Analysis. *International Review of Administrative Sciences*, 89(1), 257-272.
- Christie, J. (2020). The Post Office Horizon IT scandal and the presumption of the dependability of computer evidence. *Digital Evidence and Electronic Signature Law Review*, 17, pp. 49–70.
- Chung, H., Kara, B., McShea, M.F., Pathak, R. and Williams, D. (2025). Using Large Language Models to Forecast Local Government Revenue. *Public Finance Journal*, 2(2), 85–98. <https://doi.org/10.59469/pfj.2025.46>.
- Criado, J.I. (2021). Inteligencia Artificial (y Administración Pública). *Economía. Revista en Cultura de la Legalidad*, 20, pp. 348–372. doi:10.20318/economia.2021.6097.
- Coşkun, E. and Bozkuş Kahyaoğlu, S. (2023). Digital Transformation and The Role of Digital Technologies in The Transformation of Audit: Opportunities and Threats. (Eds. Önder, M. and Köse, H.Ö.) *Kamu Yönetiminde Denetim: Temel Paradigmalar, Değişim ve Yeni Yönelişler*. Ankara: Sayıştay Yayınları.
- Di Vaio, A., Hassan, R. and Alavoine, C. (2022). Data intelligence and analytics: A bibliometric analysis of human–artificial intelligence in public sector decision-making effectiveness. *Technological Forecasting and Social Change*, 174. doi:10.1016/j.techfore.2021.121201.
- Erasmus, L.J. and Kahyaoğlu, S.B. (eds.) (2024). *Continuous Auditing with AI in the Public Sector*. 1st edn. Boca Raton, FL: CRC Press. doi:10.1201/9781003382706.
- European Commission (2024). Artificial Intelligence Act: Regulation (EU) 2024/1689. Brussels: European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689> (Accessed: 20 September 2025).

- European Court of Auditors (2024). Special report 08/2024: EU Artificial intelligence ambition: Stronger governance and increased, more focused investment essential going forward. Publications Office of the European Union. <http://www.eca.europa.eu/en/publications/SR-2024-08> (Accessed: 8 November 2025).
- G7 (2023). G7 Toolkit for Artificial Intelligence in the Public Sector. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/421c1244-en> (Accessed: 23 September 2025).
- Genaro-Moya, D., López-Hernández, A.M. & Godz, M. (2025). Artificial Intelligence and Public Sector Auditing: Challenges and Opportunities for Supreme Audit Institutions. *World*, 6(2), pp. 1–19. doi:10.3390/world6020078.
- Gebru, T., Morgenstern, J., Vecchione, B., Vaughan, J.W., Wallach, H., Daumé III, H. and Crawford, K. (2021). Datasheets for datasets. *Communications of the ACM*, 64(12), pp. 86–92. doi:10.1145/3458723.
- Goodman, E. P. ve Trehu, J. (2023). Algorithmic Auditing: Chasing AI Accountability. *Santa Clara High Technology Law Journal*, 39(3), 289–337.
- Issa, H., Sun, T. and Vasarhelyi, M.A. (2016). Research ideas for artificial intelligence in auditing: The formalization of audit and workforce supplementation. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 13(2), pp. 1–20. doi:10.2308/jeta-10511.
- Kokina, J. and Davenport, T.H. (2017). The emergence of artificial intelligence: How automation is changing auditing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 14(1), 115–122. doi:10.2308/jeta-51730.
- Köse, H. Ö. (2023). Kamu Yönetiminde Denetimin İşlevleri, Dinamikleri ve Geleceği. (Eds. Önder, M. and Köse, H.Ö.) *Kamu Yönetiminde Denetim: Temel Paradigmalar, Değişim ve Yeni Yönelişler*, pp. 37–67. Ankara: Sayıştay Yayınları.
- Köse, H. Ö. and Polat, N. (2021). Dijital Dönüşüm ve Denetimin Geleceğine Etkisi, *Sayıştay Dergisi*, 32(123), 9–41.
- Lee, M.E.M., Hayes, D. and Maher, C.S. (2024). AI as a Budgeting Tool: Panacea or Pandora's Box? *Public Finance Journal*, 1(1), 49–65. <https://doi.org/10.59469/pfj.2024.6>.
- LVV v The Netherlands (2020). Landelijke Vereniging van Vertrouwenspersonen (LVV) et al. v The Netherlands. *Rechtbank Den Haag*, ECLI:NL:RBDHA:2020:1878 (05.02.2020). <https://uitspraken.rechtspraak.nl/details?id=ECLI:NL:RBDHA:2020:1878> (Accessed: 04.12.2025).
- Minkkinen, M., Laine, J. and Mäntymäki, M. (2022). Continuous auditing of artificial intelligence: A conceptualization and assessment of tools and frameworks. *Digital Society*, 1, article 21. doi:10.1007/s44206-022-00022-2.
- Mitchell, M., Wu, S., Zaldivar, A., Barnes, P., Vasserman, L., Hutchinson, B., Spitzer, E., Raji, I.D. and Gebru, T. (2019). Model cards for model reporting. in *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAT19)*. Atlanta, GA: ACM, pp. 220–229. doi:10.1145/3287560.3287596.

- Morbey, R.A., Elliot, A.J., Harcourt, S. and Smith, G.E. (2023). Using machine learning to predict peak healthcare demand: a time-series analysis of syndromic surveillance data. *PLOS ONE*, 18(10), e0291932. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0291932> (Accessed: 4 December 2025).
- NIST (National Institute of Standards and Technology) (2023). *AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0)*. Gaithersburg, MD: U.S. Department of Commerce. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.pdf> (Accessed: 28.09.2025).
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2019). *OECD Principles on Artificial Intelligence*. Paris: OECD Publishing. <https://oecd.ai/en/ai-principles> (Accessed: 28 September 2025).
- Post Office Horizon IT Inquiry (2024). *Post Office Horizon IT Inquiry: Publications* [online]. <https://www.postofficehorizoninquiry.org.uk/> (Accessed: 04.12.2025).
- Raji, I.D., Smart, A., White, R.N., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., Smith-Loud, J., Theron, D. and Barnes, P. (2020). Closing the AI accountability gap: Defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing. in *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAT20)* *. Barcelona, Spain: ACM, pp. 33–44. doi:10.1145/3351095.3372873.
- SAI20 (2023). *Compendium on Responsible Artificial Intelligence*. Supreme Audit Institution of India (SAI India). <https://sai20.org/storage/app/uploads/public/679/c97/4b0/679c974b0954d084882913.pdf> (Accessed: 20.11.2025).
- Tiron-Tudor, A. and Deliu, D. (2022). Reflections on the human-algorithm complex duality: Perspectives in the auditing process. *Qualitative Research in Accounting & Management*, 19(3), pp. 255–285. doi:10.1108/QRAM-04-2021-0059.
- Vasarhelyi, M.A., Alles, M.G. and Kogan, A. (2018). Principles of analytic monitoring for continuous assurance. in Vasarhelyi, M.A. and Kogan, A. (eds.) *Continuous Auditing: Theory and Application*. Bingley: Emerald Publishing, pp. 191–217.
- Wirtz, B.W., Weyerer, J.C. and Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), pp. 596–615. doi:10.1080/01900692.2018.1498103.
- Wired (2024). *Denmark’s welfare algorithms under fire*. Wired. <https://www.wired.com/story/denmark-welfare-algorithms-under-fire/> (Accessed: 28.09.2025).
- Yavuz, E. (2025). Digitalization in the Fight Against Corruption: Feasibility of a Blockchain-Based System in Türkiye. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 36 (137), 255-287. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1675048>
- Yener, M., Charoenpol, M., Suntharanurak, S. and Köse, H.Ö. (2025). Strategic Cooperation of Supreme Audit Institutions of Thailand and Türkiye for Digital Transformation and Innovation in Public Sector Auditing. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 36 (136), 9-34, doi: 10.52836/sayistay.1633666

KAMU SEKTÖRÜ FAALİYETLERİ VE DENETİM SÜREÇLERİ İÇİN STRATEJİK RİSK YÖNETİM ARACI OLARAK YAPAY ZEKANIN KULLANILMASI

Oğuz Ümit TAMER

Bruce D. MCDONALD III

Farouk HEMICI

Georgia KONTOGEORGA

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Yapay Zekânın Kamu Sektörü Risk Yönetimindeki Uygulamaları

Günümüzde kamu idareleri, makine öğrenimi (ML), doğal dil işleme ve öngörücü analitik gibi yapay zekâ teknolojilerini, refah yardımları, vergi uyumu ve dolandırıcılık tespiti gibi alanlarda kullanmaktadır. Bu uygulamalar, büyük veri akışlarını işleyerek anomalileri hızlıca yakalama ve kaynak tahminleri yapma imkânı sunar. Örneğin, denetim fonksiyonlarında Yapay Zekâ Destekli Sürekli Denetim (Continuous Auditing) modelleri sayesinde tüm işlem verileri gerçek zamanlı izlenebilmekte ve denetçiler riskli işlemlere odaklanabilmektedir. Benzer şekilde, ML temelli tahmin teknikleri salgınlar veya sosyal hizmet talebi gibi ihtimalleri önceden öngörerek personel ve malzeme önlemleri alınmasına yardımcı olur. Bu sayede kamu operasyonlarında hizmet aksama riskleri azalmakta ve verimlilik artmaktadır. Yine denetim süreçlerinde derin öğrenme ve kümeleme algoritmaları, insan denetçilerin gözden kaçırabileceği karmaşık anomalileri tespit ederek denetim kalitesini yükseltir.

Temel Zorluklar: Algoritmik Şeffaflığın Olmaması, Önyargı ve Hesap Verebilirlik Eksiklikleri

Yapay zekâ (YZ) uygulamalarının avantajlarının yanı sıra ciddi riskleri de vardır. Derin öğrenme modelleri gibi bazı YZ sistemleri, karar verme süreçleri insanların anlayamayacağı şekilde gizli (black-box) çalışır. Bu şekilde algoritmik şeffaflık yoksunluğu, denetçilerin nasıl sonuç elde edildiğini izlemelerini güçleştirir ve hata riskini artırır. Ayrıca, geçmişe dayalı eğitilmiş modeller toplumsal önyargıları öğrenip pekiştirerek azınlık gruplarına karşı ayrımcılığa neden olabilir. Örneğin bazı Avrupa ülkelerindeki refah yolsuzluğu tespit sistemleri, azınlıkları orantısız biçimde hedef olarak adaletsizlik yaratmıştır. Son olarak, bu sistemlerde hesap verebilirlik boşlukları oluşmaktadır. YZ uygulamalarının neden yanlış sonuç verdiği veya hatalı kararlar aldığı anlaşılamadığı zaman, sorumluluk belirsizleşir. Bu sorunlar, yapay zekânın kamu sektöründe kullanılmasında şeffaflık, adalet ve insan denetimi gibi yönetim ilkelerinin eksik uygulandığının göstergesidir.

Düzenleyici Çerçevesler: AB Yapay Zekâ Yasası ve NIST AI RMF

Bu riskleri gidermek için uluslararası düzenlemeler geliştirilmiştir. Avrupa Birliği, yüksek riskli kamu uygulamalarına yönelik risk temelli bir düzenleme olan AB Yapay Zekâ Yasası'nı yürürlüğe koymuştur. Yasa, özellikle kamu programlarında kullanılacak AI sistemlerine şeffaflık, adalet ve insan denetimi gibi gereklilikler getirir. Benzer biçimde, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) "AI Risk Management Framework" adlı bir kılavuz yayımlamıştır. NIST çerçevesi, Yönetim (Govern), Ölçüm (Measure) ve İdare (Manage) gibi işlevlerle YZ riskini tanımlama ve izleme süreçlerine odaklanır. Ayrıca OECD'nin Yapay Zekâ İlkeleri ve G7'nin kamu sektörüne yönelik YZ araç takımı gibi yönergeler, hükümetlerin sorumlu YZ stratejileri geliştirmesine destek olur. Bu düzenleyici girişimler, yapay zekâ tasarımı baştan risk yönetimi ve denetlenebilirlik mekanizmalarını süreçlerin ayrılmaz bir parçası haline getirme gerekliliğini vurgular.

Algoritmik Denetimin Rolü

Algoritmik denetim, yapay zekâ sistemlerini önceden belirlenmiş etik ve teknik kriterlere göre inceleyen bir yöntemdir. Uygulamayı geliştiren kurumun iç denetimleri ve bağımsız kuruluşların denetimleri şeklinde iki türü vardır. Tasarım ve eğitim aşamasında veri kalitesi, temsiliyet ve önyargı odaklı denetimler yapılır. Geliştirme aşamasında, model kartları ve veri seti föyleri gibi dokümantasyon araçları kullanılarak amaç, performans ve adil kullanım bilgilerinin kayıt altına alınması sağlanır. Yaygınlaştırma ve izleme aşamasında ise YZ sistemi sürekli takip edilerek istenmeyen etkiler ve ayrımcı sonuçlar hızlıca tespit edilir. Algoritmik denetim mekanizmaları sayesinde, kamu sektörü YZ sistemlerinin toplum değerlerine uyumlu kalması sağlanır ve risk algılama çerçevesi etkin bir şekilde hesap verebilirlik paradigmasına dönüştürülür. Bu süreç, tespit edilen risklerin yönetim yapıları içinde geri besleme olarak kullanılmasına olanak tanır.

Denetim Kurumları ve Kamu Yönetişimine Etkileri

Çalışmanın bulguları, özellikle politika yapıcılar, yüksek denetim kurumları ve iç denetim birimleri için yol göstericidir. Öncelikle, yapay zekâ araçlarının güvenli kullanılabilmesi için yönetim kurallarının uygulamaya alınmadan önce hayata geçirilmesi gerektiği vurgulanır. Yani YZ sistemlerinin denetlenmesi yalnızca sonuçların incelenmesiyle sınırlı kalmamalı, aynı

zamanda bu sistemlerin altyapısını ve işleyiş süreçlerini yöneten politikalar da değerlendirilmelidir. İkinci olarak, denetim faaliyeti sürekli olmalıdır; geleneksel, periyodik denetimler ML modellerinin dinamik yapısını yakalayamaz. Bu nedenle yüksek riskli kamu AI uygulamalarında Sürekli Yapay Zekâ Denetimi (Continuous Auditing of AI) standart hale gelmelidir. Üçüncü olarak, yapay zekâ insan işgücünü tamamen ortadan kaldırmayacak; yüksek hacimli veri analiz ve anomali belirleme görevlerini AI yaparken, insan denetçi ise etik değerlendirmeler, adalet kararları ve vatandaş etkileşimi gibi stratejik rollere odaklanacaktır.

Bu dönüşüm, denetçilerin dijital ve etik yetkinliklerini artırma ihtiyacını doğuracaktır. Uzun vadede, kamu kurumları yapay zekâyı bir ihtiyaçtan ziyade sorumlu bir gözetim süreciyle rutin şekilde kullanmalı; böylece YZ'nın ortak refaha katkı potansiyeli azami seviyede değerlendirilebilecektir. Türkiye'de Sayıştay gibi denetim kurumlarında da yapay zekâ araçları henüz başlangıç aşamasındadır, ancak potansiyel faydaların sınırsız olduğu düşünülmektedir. Uyum sağlamak için ulusal ve uluslararası rehberler dikkatle izlenmekte ve yukarıdaki risklerin önlenmesine yönelik tedbirler sıkı bir şekilde uygulanmaktadır.



ALGORITHMIC SYSTEMS AND DEMOCRATIC OVERSIGHT IN PUBLIC AUDITING

KAMU DENETİMİNDE ALGORİTMİK SİSTEMLER VE DEMOKRATİK DENETİM

Hamza ATEŞ¹

ABSTRACT

This article examines the transformative impact of artificial intelligence (AI) on public auditing, addressing its normative, procedural, and institutional dimensions. As AI systems are increasingly deployed for functions such as fraud detection, performance monitoring, and predictive compliance, they are reshaping the Weberian foundations of public auditing—traceability, procedural accountability, and human judgment. Drawing on public administration theory, science and technology studies, and the literature on algorithmic governance, the study investigates how algorithmic opacity, epistemic asymmetries, and machine-based risk logics undermine the democratic legitimacy of the audit function. Through case studies from the Netherlands, Estonia, Brazil, and the United States, it highlights both the opportunities and risks of algorithmic auditing in practice. The article proposes a normative framework built upon four guiding principles—transparency, auditability, contestability, and institutional ethics—to ensure accountable and just integration of AI into public oversight. Rather than advocating for the wholesale rejection or uncritical embrace of AI, the article argues for a deliberate rethinking of human-machine relations in public administration and auditing, contending that only in this way can the integrity of democratic institutions be safeguarded in the algorithmic age.

1- Prof. Dr., İstanbul Medeniyet Üniversitesi, ates.hamza@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0975-0062.

Submitted/Gönderim: 01.07.2025, **Revised/Revizyon:** 22.09.2025, **Accepted/Kabul:** 22.09.2025

To Cite/Atıf: Ateş, H. (2025). Algorithmic Systems and Democratic Oversight in Public Auditing. TCA Journal/Sayıştay Dergisi, 36(139), 681-709. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1731625>

ÖZ

Bu makale, yapay zekânın (YZ) kamu denetimi (audit) üzerindeki dönüştürücü etkisini, normatif, prosedürel ve kurumsal boyutlarıyla ele almaktadır. Yolsuzluk tespiti, performans izleme ve öngörücü uyumluluk gibi işlevlerde giderek daha fazla kullanılan YZ sistemleri, kamu denetiminin Webergen temelleri olan izlenebilirlik, usule uygun hesap verebilirlik ve insan yargısı ilkelerini yeniden şekillendirmektedir. Kamu yönetimi kuramı, bilim ve teknoloji çalışmaları ile algoritmik yönetim literatüründen yararlanan bu analiz, algoritmik kapalılığın, bilgi eşitsizliklerinin ve makine-temelli risk mantıklarının, denetim işlevinin demokratik meşruiyetini hangi yollarla zayıflatıldığını araştırmaktadır. Hollanda, Estonya, Brezilya ve ABD'den vaka örnekleri üzerinden yapılan değerlendirmeler, algoritmik denetimin pratikteki imkânlarını ve risklerini ortaya koymaktadır. Makale, kamu gözetiminde YZ'nin hesap verebilir ve adil biçimde bütünleşmesini sağlamak üzere dört ilkeye dayanan normatif bir çerçeve önermektedir: şeffaflık, denetlenebilirlik, itiraz edilebilirlik ve kurumsal etik. Makalede, YZ'yi toptan reddetmek ya da sınırsızca benimsemek yerine, kamu yönetimi ve denetiminde insan-makine ilişkilerinin yeniden düşünülmesi gerektiği savunulmakta ve demokratik kurumların bütünlüğünün korumanın ancak bu şekilde mümkün olabileceği anlatılmaktadır.

Keywords: Algorithmic auditing, Public accountability, Artificial intelligence in auditing, Administrative ethics.

Anahtar Kelimeler: Algoritmik denetim, Kamu hesap verebilirliği, Denetimde yapay zekâ, İdari etik.

INTRODUCTION

The integration of artificial intelligence (AI) into public administration represents not only a technological innovation but also a fundamental transformation of the principles and practices that underpin state functions such as public auditing. Traditionally, public auditing has been associated with neutrality, legality, and procedural accountability, serving as a key mechanism for safeguarding the integrity of democratic governance (Power, 1997; Weber, 1978; Afzal, 2025: 2; Pérez-Durán, 2024: 1163–1165). Auditors were expected to ensure that public resources were used lawfully and effectively, with clear lines of responsibility and transparent procedures. Scholars have emphasized that algorithmic governance is not only a technical process but also a political and institutional reconfiguration of authority, requiring systematic research into its democratic implications (Danaher et al., 2017: 3–5).

The growing adoption of AI systems in audit processes challenges these foundations. Machine learning and data-driven analytics are increasingly employed to detect fraud, monitor performance, and predict risks with unprecedented speed and scale. This trend is often framed as administrative modernization, promising efficiency and real-time responsiveness. Yet the very techniques that underpin AI—probabilistic modeling, adaptive algorithms, and predictive analytics—introduce new complexities. Unlike traditional audits, which operated retrospectively and could trace decisions to established rules, algorithmic systems often function as opaque “black boxes”, difficult to interpret even by their creators (Burrell, 2016; Pasquale, 2015). This opacity raises questions of explainability, contestability, and fairness, thereby unsettling the democratic legitimacy of audits (Ananny & Crawford, 2018).

AI’s predictive capabilities also echo earlier debates on continuous auditing (CA). Emerging in the early 1990s, CA sought to use technology for high-frequency and real-time monitoring (Vasarhelyi & Halper, 1991; Alles et al., 2006). While AI realizes many of CA’s ambitions—ongoing surveillance, anomaly detection, and anticipatory oversight—it differs in its reliance on probabilistic, self-learning models. This shift risks collapsing the distinction between monitoring and enforcement, amplifying concerns about discretion, bias, and due process (Murikah, 2024: 6–8; Mahroof et al., 2025: 2–4). The convergence of AI and CA thus exemplifies how technological innovation can both extend and destabilize established oversight logics. These developments highlight a central tension: whether trust in public auditing should rest on technical accuracy or on procedural and democratic accountability. As AI reshapes the epistemic and institutional basis of audits, it compels a rethinking of how authority and responsibility are defined in governance, increasingly requiring participatory mechanisms that bring publics into the audit process (Eslami et al., 2025: 5–7).

In approaching this inquiry, the article draws on interdisciplinary scholarship spanning public administration, science and technology studies, legal theory, and political philosophy. It treats AI not merely as a tool but as a socio-technical assemblage that reshapes institutional practices, epistemic assumptions, and political relationships. Accordingly, it calls for a conceptual reframing of AI auditing as a site of contested governance—a domain where technical innovation, democratic norms, and public ethics intersect,

sometimes productively and sometimes in tension. Importantly, the article rejects both technological determinism and uncritical enthusiasm. It does not assume that AI will necessarily enhance or erode accountability but asks under what conditions, through what institutional designs, and with what normative commitments AI can contribute to the public good. By interrogating the changing logics of public auditing in the age of AI, it seeks to illuminate the possibilities and perils of administrative machines in democratic governance. Finally, the article contributes to a growing body of scholarship calling for algorithmic accountability as a new frontier in public ethics. As AI systems become embedded in the core functions of the state, including taxation, welfare distribution, policing, and procurement, the audit function becomes a crucial site for ensuring that technological power is exercised with legitimacy, restraint, and justice. In this endeavor, public auditing must evolve—not by abandoning its principles but by rearticulating them in ways that are adequate to the demands of the digital state.

1. THEORETICAL FOUNDATIONS: FROM BUREAUCRATIC RATIONALITY TO ALGORITHMIC GOVERNANCE

The transformation of public auditing through AI cannot be understood without first situating it within the broader conceptual evolution of state rationality. The emergence of algorithmic systems in governance marks a significant shift in how administrative authority is conceptualized, exercised, and justified. To grasp this shift, it is essential to revisit the foundational principles of bureaucratic legitimacy as articulated by Max Weber, and consider contemporary calls for procedural fairness and public engagement in algorithmic decision-making (Decker et al., 2025: 4–7; Parviainen et al., 2025: 3–5) and to contrast them with the emergent logic of algorithmic governance, which reconfigures key dimensions of decision-making, accountability, and transparency. This aligns with calls to treat algorithmic governance as a distinct research agenda that integrates legal, ethical, and institutional dimensions (Danaher et al., 2017: 7–10).

Max Weber’s ideal-type of bureaucracy was premised on the rational-legal authority of the modern state, where administrative legitimacy derived from a system of rules, hierarchical organization, and impersonal decision-

making (Weber, 1978: 956–958). Auditing, in this context, is an extension of rational-legal authority: it evaluates whether actions taken by officials conform to rules, laws, and budgetary frameworks. The audit is both a technical and a moral operation, securing the public's trust through structured oversight mechanisms grounded in procedural rationality (Power, 1997: 21–23). For Weber, auditability is embedded in the very architecture of bureaucracy. Administrative actions must be documented, decisions must be reasoned, and responsibilities must be traceable (Weber, 1978: 988). This traceability underpins the audit function: it allows for ex-post verification and creates the conditions for accountability.

However, as governance structures became more complex, the Weberian framework faced challenges. Decentralization, privatization, and globalization created conditions in which traditional ex-post audits appeared increasingly inadequate. This “audit explosion” (Power, 1997: 1–4) generated demand for new instruments of oversight. Here, the transition to algorithmic governance is not merely a technological shift but a transformation in administrative rationality. AI systems, particularly machine learning models, embody a move from rule-based reasoning to pattern-based prediction, thus altering legitimacy from procedural adherence to performance-based validation (Pasquale, 2015: 8). This movement resonates with the conceptual lineage of continuous auditing (Vasarhelyi & Halper, 1991; Alles et al., 2006), where oversight is envisioned as ongoing and anticipatory rather than episodic. Situating AI in relation to both Weberian bureaucracy and continuous auditing clarifies the hybrid nature of the emerging paradigm.

In this context, the rise of algorithmic governance represents not merely a technological innovation but a reconstitution of administrative rationality itself. AI systems do not follow static rules but learn patterns from large datasets, optimizing decisions through probabilistic modeling rather than fixed legal frameworks. This shift entails a movement from rule-based reasoning to pattern-based prediction, from process legitimacy to output optimization. Algorithmic systems promise enhanced efficiency, scalability, and objectivity, aligning with longstanding bureaucratic ideals. Yet the logic they introduce differs fundamentally from Weberian proceduralism. Instead of deriving legitimacy from rule adherence, algorithmic decisions are often justified through their performance—accuracy rates, predictive validity, or

error reduction (Pasquale, 2015: 8). This shift from legal-rational justification to techno-functional validation marks a profound transformation in how authority is exercised and evaluated.

Crucially, algorithmic systems often operate in opaque or non-intelligible ways. Machine learning models, particularly deep learning architectures, may generate decisions whose internal processes cannot be easily reconstructed or explained—a phenomenon sometimes referred to as the black box problem (Burrell, 2016: 1–3). This challenges the auditability of decisions, undermining the very premise of transparency that legitimized earlier bureaucratic models. The logic of explainability is replaced by a logic of performance metrics, which may be inaccessible or unintelligible to external auditors and lay citizens alike. Moreover, algorithmic governance alters the temporality and locus of decision-making. Traditional bureaucratic decisions are discrete, traceable events, embedded within hierarchical chains of command. Algorithmic decisions, by contrast, are often continuous, automated, and distributed—embedded in systems that constantly update and recalibrate themselves based on new data inputs (Yeung, 2018: 508–509). This undermines the possibility of ex-post evaluation in any meaningful sense, as the decision space is no longer static but dynamic.

This new logic also reconfigures the nature of discretion in public administration. Whereas bureaucratic discretion was historically framed as a human faculty requiring judgment and moral reasoning within the boundaries of legal norms, algorithmic discretion is emergent and embedded. It is not located in any single official but encoded in the design, training, and deployment of systems. As a result, traditional models of responsibility attribution—who decided what and why—are rendered inadequate (Wieringa, 2020: 395–397). The conditions of “auditability,” central to Weberian legitimacy, are displaced by conditions of traceability without intelligibility. This epistemic transformation extends beyond technical systems into institutional cultures. Public agencies increasingly adopt data-driven management styles, where decision quality is inferred from quantifiable outcomes rather than procedural compliance. Risk assessment tools, predictive analytics, and automated flagging mechanisms shift the role of the auditor from a reviewer of past actions to a monitor of behavioral trends (Zuboff, 2019: 214–216). This positions auditing within a new paradigm of anticipatory governance—one that aims not to detect failure but to prevent it, often by intervening in advance of wrongdoing.

Such a shift raises profound normative concerns. Anticipatory auditing can easily turn into surveillance, eroding the boundary between compliance and control. It may also reinforce existing inequalities if the data used to train algorithms reflect historical biases or institutionalized discrimination (Eubanks, 2018: 72–75). The legitimacy of decisions thus becomes contingent not on formal rule conformity but on statistical correlations and operational metrics. In sum, the emergence of AI in public auditing signifies a movement from a model of governance grounded in legal rationality to one structured by algorithmic rationality. This transformation redefines key elements of auditing—such as accountability, transparency, discretion, and trust—posing challenges to both traditional public administration and contemporary democratic theory. As auditing becomes increasingly automated, the normative principles that once sustained its legitimacy must be critically re-examined and rearticulated for a new institutional terrain.

2. AI AND THE AUDIT FUNCTION: EFFICIENCY, RISK, AND SURVEILLANCE

The integration of AI into public auditing closely aligns with and extends the concept of continuous auditing (CA). Continuous auditing, first theorized in the early 1990s (Vasarhelyi & Halper, 1991), refers to audit processes enabled by information technologies that allow for high-frequency or even real-time evaluation of financial and operational data. In contrast to periodic audits, which occur at fixed intervals, continuous auditing provides near-instantaneous assurance and monitoring. Subsequent scholarship (Alles et al., 2006) emphasized its potential to enhance anomaly detection, accelerate risk identification, and improve managerial responsiveness. AI amplifies these capacities by automating anomaly detection, risk scoring, and predictive compliance on an unprecedented scale. Machine learning systems can process vast streams of financial and operational data in real time, flagging irregularities that warrant further human investigation. Predictive analytics also enable auditors to anticipate risks before they materialize, aligning closely with the preventive orientation of continuous auditing.

Despite these overlaps, AI introduces distinctive features into continuous auditing practices. First, while classical CA frameworks relied on deterministic rule sets and automated controls, AI systems leverage probabilistic modeling and adaptive learning. This shift introduces new opportunities for pattern recognition but also exacerbates concerns about algorithmic opacity and explainability. Second, AI-driven continuous auditing raises normative questions regarding surveillance and discretion. The ability to monitor continuously and predictively can erode the boundary between audit oversight and managerial control, raising due process concerns similar to those observed in predictive policing (Eubanks, 2018: 95–98).

Comparing AI-enabled auditing with established CA practices therefore highlights both continuity and rupture. On the one hand, AI realizes many of the promises envisioned by continuous auditing scholars: efficiency, timeliness, and risk anticipation. On the other hand, it transforms the epistemic and ethical terrain of auditing, shifting from rule-based monitoring toward predictive governance. As such, AI-based continuous auditing must be situated within broader debates about democratic legitimacy, accountability, and the balance between efficiency and rights. On the other hand, AI is rapidly reconfiguring the landscape of public auditing, introducing new techniques, rationalities, and institutional expectations. At the core of this transformation lies a fundamental redefinition of what constitutes effective and legitimate audit practice. Where traditional audits centered on retrospective analysis, rule compliance, and human judgment, AI-enabled audits emphasize speed, pattern recognition, and anticipatory control. This shift is often presented as a natural evolution—an enhancement of the audit’s core function. Yet, beneath the surface lies a complex interplay of epistemic, ethical, and political dynamics.

AI’s entry into public auditing is most visibly manifested in its applications for fraud detection. Using machine learning algorithms trained on large datasets of financial transactions, procurement records, and tax filings, audit institutions can now identify anomalies or suspicious behaviors that deviate from normative patterns (OECD, 2019: 11–14; Yavuz, 2024). These tools surpass human capacity in terms of speed and scale, enabling near real-time flagging of irregularities across massive datasets. For instance, neural networks can detect subtle correlations between vendor behavior, invoice structures, and payment patterns that might signal corruption or collusion—insights that

would elude conventional audit methods. This expansion of analytical capacity has led to a growing reliance on performance measurement as a core audit function. Performance audits historically assessed whether public agencies were using resources effectively, efficiently, and economically. AI systems can automate this task by continuously evaluating key performance indicators (KPIs) through data mining and real-time analytics. In many jurisdictions, public managers now interface with dashboards populated by AI-generated visualizations, predictive metrics, and alerts. While such tools promise enhanced managerial oversight, they also risk reducing complex policy goals to reductive, quantifiable benchmarks—what Strathern (1997: 308) famously cautioned against: “When a measure becomes a target, it ceases to be a good measure”.

A further development is the deployment of AI in predictive compliance—a technique that seeks to identify and preempt non-compliant behavior before it occurs. These systems use probabilistic modeling to assess the risk that an entity (a public contractor, a welfare recipient, or even a municipal office) may engage in misconduct. In doing so, they generate risk scores that can trigger intensified scrutiny, audits, or interventions. This preventive logic signals a profound shift in the orientation of auditing—from ex-post accountability (evaluating actions after the fact) to ex-ante monitoring (anticipating risk before action). The implications of this shift are profound. Traditionally, accountability was rooted in the retrospective reconstruction of decision processes. It required documentation, procedural fairness, and the possibility of appeal. AI-enabled audits, by contrast, often act upon inferences and patterns rather than demonstrated violations. This raises concerns about due process, particularly when interventions—such as benefit suspension or contract denial—are based on risk predictions rather than proven infractions (Eubanks, 2018: 95–98). The audit function thus begins to resemble a form of surveillance, where the subject is monitored not for what they have done, but for what they might do.

This anticipatory turn in auditing mirrors broader transformations in governance, often described as part of a move toward risk-based regulation (Black, 2005: 3–6). In this model, oversight bodies allocate attention and resources based on probabilistic risk rather than equal or random audit selection. AI enhances this model by refining risk scores with increased

granularity and predictive power. While this appears efficient from a resource allocation standpoint, it also introduces the danger of discriminatory automation. Communities or individuals whose behaviors statistically correlate with past violations may be disproportionately targeted, even if such patterns are the result of structural disadvantage rather than individual malfeasance. These systems also present challenges to the principle of audit traceability. AI-generated decisions may rely on complex models that are not easily interpretable by auditors themselves. If the reasoning behind a flagged irregularity is opaque, auditors must either trust the model blindly or override it without sufficient justification—both scenarios undermining the epistemic integrity of the audit process (Burrell, 2016: 4–6). In practice, this can lead to a double-bind: either excessive reliance on algorithmic outputs (technocratic overreach) or refusal to engage with them altogether (technophobia).

Furthermore, the adoption of predictive auditing tools alters the power dynamics within public administration. Traditional audits maintained a distinction between those who governed and those who were scrutinized. AI-enabled systems blur this line, as public servants themselves become subjects of automated monitoring. Time-on-task, email activity, or keystroke patterns may be used to assess bureaucratic productivity or detect anomalies. The auditor becomes an omnipresent function, diffused across layers of surveillance infrastructure rather than instantiated in a specific institutional actor. This surveillance logic can undermine the relational trust that auditing systems aim to foster. When civil servants, vendors, or citizens feel that they are being preemptively judged by inscrutable algorithms, their willingness to cooperate, report irregularities, or improve systems may diminish. As O’Neil (2016: 142–144) has shown, opaque and punitive algorithmic systems often generate compliance without consent—obedience born not of legitimacy but of fear. Such dynamics are antithetical to the broader goals of responsive and participatory public administration.

Proponents of AI-based auditing argue that these tools reduce corruption, enhance detection, and introduce objectivity. However, this technocratic promise must be weighed against the normative costs of automation. The substitution of algorithmic suspicion for human deliberation risks shifting the audit function from one of public accountability to one of instrumental control. Auditing, in this model, no longer reveals wrongdoing so

much as it manufactures a continuous condition of potential guilt. This also challenges the institutional culture of audit institutions. Many public auditors view their role not merely as fault-finders, but as partners in improving governance—providing recommendations, building institutional capacity, and fostering trust. AI-based auditing, with its emphasis on detection and risk management, may marginalize these functions, reducing the auditor’s role to that of a data technician or algorithmic supervisor.

Moreover, efficiency itself becomes a contested concept in this context. While AI systems undoubtedly increase the speed and scope of analysis, they may do so at the expense of interpretive nuance and contextual understanding. Auditors must grapple with whether efficient detection equals just auditing, and whether predictive analytics can ever substitute for procedural fairness and human judgment. The ideal of auditing as a “reason-giving” practice (Bovens, 2007: 451) is at risk when the reasons behind actions are machine-derived, probabilistic, and inaccessible. In sum, the integration of AI into public auditing is not merely a technical upgrade—it constitutes a reconfiguration of the audit function itself. The movement from retrospective verification to real-time prediction represents a shift in the very temporal, epistemic, and moral logics of auditing. While enhanced efficiency and risk management are important goals, they must not come at the expense of core democratic principles: transparency, accountability, and justice. Future sections of this article will explore how these tensions can be addressed through institutional reform, participatory oversight, and the development of algorithmic accountability frameworks.

3. TRUST, TRANSPARENCY, AND THE BLACK BOX PROBLEM

Trust has always been foundational to the legitimacy of public auditing. Citizens, legislators, and institutions alike must trust that auditors operate impartially, transparently, and competently in evaluating the use of public resources. In the Weberian tradition, such trust was cultivated through procedural safeguards, written documentation, and the clear attribution of responsibility to identifiable officials. Trust in this sense was not a mere sentiment but a structured expectation that public auditors could reconstruct administrative decisions and justify them with reference to established rules

and standards (Bovens, 2007: 451–452). The expansion of AI into audit practices, however, unsettles these foundations. As decisions increasingly stem from opaque and probabilistic systems rather than from human deliberation, the conditions under which trust is generated and sustained undergo a profound transformation.

This shift raises important questions about the basis of public trust. Is legitimacy anchored in the technical accuracy of AI models, or in the moral and procedural accountability of human auditors? Studies suggest that citizens often demand not only effective outcomes but also fairness and transparency in the processes that govern them (Bovens, 2007: 452–454; Yener et al., 2025: 13). As such, the introduction of AI threatens to replace an ethos of reason-giving with one of statistical efficiency, creating a gap between technical performance and democratic legitimacy. This tension suggests that trust in public auditing cannot be reduced to confidence in machine outputs but must also include the assurance that decisions are understandable, challengeable, and consistent with societal values. At the heart of this tension lies the black box problem—the difficulty, or in many cases the impossibility, of understanding how complex algorithmic systems produce their outputs (Burrell, 2016: 3–5). Unlike rule-based auditing, where each decision can be traced back to a regulatory or legal principle, machine learning systems often function as opaque infrastructures that process massive datasets through layers of statistical correlation. This opacity is not merely a technical inconvenience but a structural characteristic of contemporary AI, where even developers may struggle to fully explain why a model produces a given output (Pasquale, 2015: 19).

The challenges of explainability in AI auditing resonate strongly with earlier debates on continuous auditing, where the move toward real-time monitoring also raised concerns about over-reliance on automated processes without adequate human interpretation (Vasarhelyi & Halper, 1991). In both cases, efficiency gains risk undermining transparency and accountability if the processes underlying decisions are inaccessible to scrutiny. As Ananny and Crawford (2018: 975–976) argue, explainability in algorithmic governance is not solely a technical matter but a democratic requirement: citizens and officials must be able to grasp, at least in principle, how evaluative judgments are being made. Emerging approaches in explainable AI (XAI) aim to address

these concerns, offering methods for visualizing model logic or generating post hoc rationales (Doshi-Velez & Kim, 2017: 4–7). Yet, these explanations often remain intelligible only to specialists, doing little to address the broader public’s demand for understandable justifications. In the context of public auditing, where accountability to citizens is paramount, the limits of XAI raise urgent questions about whether the black box can ever be rendered sufficiently transparent to meet democratic standards.

The absence of clear explanations creates epistemic asymmetries—unequal distributions of knowledge and interpretive capacity between those who design and control algorithms, those who operate within bureaucratic systems, and those who are subjected to algorithmic decisions (Pasquale, 2015: 8–10; Wieringa, 2020: 398–400; Damar et al., 2024: 13). These asymmetries are not merely technical; they have profound political consequences. When auditors lack the expertise to interrogate algorithmic outputs, they risk deferring uncritically to the authority of machine predictions, thereby hollowing out their own evaluative role. For affected citizens, epistemic asymmetries translate into a lack of meaningful recourse: individuals flagged by an algorithm may not understand the basis of the decision, nor possess the resources to contest it. Such asymmetries erode the democratic legitimacy of public auditing. The traditional model presumes a clear chain of responsibility—officials can be held accountable for their actions, and citizens can demand explanations grounded in law. Algorithmic discretion, however, disperses agency across developers, data scientists, vendors, and bureaucrats. As scholars such as Yeung (2018: 507–509) and Mökander, Axente, and Floridi (2021: 62–64) note, this distribution makes it difficult to identify who should be answerable when harms occur. In effect, accountability becomes diluted, undermining the very function of auditing as a guardian of democratic integrity.

To address these challenges, technical and institutional initiatives have emerged. Explainable AI (XAI) seeks to make algorithmic systems more interpretable by providing accessible accounts of how outputs are generated (Doshi-Velez & Kim, 2017). Algorithmic audit trails—records of data sources, model versions, and decision pathways—aim to restore traceability and verifiability to automated processes. Recent OECD (2022) and World Bank (2020) reports emphasize the importance of embedding such technical safeguards into public financial management systems to sustain trust. Yet,

transparency alone is insufficient. Participatory algorithmic governance offers a complementary pathway. Citizen panels, multi-stakeholder oversight committees, and deliberative forums can democratize algorithmic oversight, ensuring that explanations are not only technically valid but also socially intelligible and normatively meaningful (Ziewitz, 2019: 4–6). Moreover, the growing literature on AI ethics emphasizes that governance must go beyond compliance to include equity, fairness, and contextual sensitivity (Mökander et al., 2021: 60–62; Polat, 2024: 397). Without such mechanisms, AI-driven continuous auditing risks degenerating into a regime of technocratic control, where efficiency is privileged at the expense of justice and participation.

In short, trust in AI-enabled auditing systems depends not only on technical accuracy but also on institutional capacities for explanation, contestation, and ethical oversight. The black box problem and the resulting epistemic inequalities are not merely technical hurdles but fundamental challenges to democratic legitimacy.

4. CONTEXTUAL REALITIES: TRANSLATING ALGORITHMIC LOGIC INTO PRACTICE

While theoretical and normative analysis is indispensable in understanding the transformation of public auditing under AI, it must be complemented by empirical reflection. Examining concrete institutional cases reveals the tensions between promise and practice, innovation and opacity, and efficiency and equity. This section presents selected cases from jurisdictions where AI has been introduced into audit or audit-adjacent functions. These cases highlight both the potential of algorithmic auditing and the risks of its premature, opaque, or unaccountable deployment.

Before turning to specific case studies, it is important to clarify the methodological approach underpinning this analysis. Four cases were selected -the Netherlands, Estonia, Brazil, and the United States- because they represent diverse governance contexts and distinct trajectories of AI adoption in public auditing. The Netherlands and Estonia were chosen as European pioneers: the former due to its prominent childcare benefits scandal involving algorithmic risk models, and the latter because of its globally recognized e-governance infrastructure. Brazil offers insights from a Global South

democracy experimenting with municipal-level AI auditing initiatives, while the United States demonstrates the role of a federal-level audit body (GAO) in developing standards for AI accountability. The analysis draws primarily on official audit reports, government publications, legislative documents, and secondary scholarly literature published between 2018 and 2024. These sources were systematically reviewed to identify how AI was implemented, what governance mechanisms were applied, and how democratic legitimacy was challenged or reinforced. Each case contributes to the article's central argument by illustrating both the opportunities and risks of algorithmic auditing in real-world settings, thereby grounding the theoretical analysis in empirical evidence.

In one of the most high-profile responses to algorithmic risk in the public sector, the Dutch Court of Audit (Algemene Rekenkamer) has taken significant steps to examine the use of algorithms in central government agencies. Following the Dutch childcare benefits scandal (Toeslagenaffaire) -in which thousands of families, many with migrant backgrounds, were wrongly accused of fraud by an automated risk model- the Court began to systematically audit the government's use of algorithms for fairness, transparency, and legality (the Netherlands Court of Audit, 2021: 6–9). The model used by the Dutch Tax Administration was found to be non-transparent, discriminatory, and poorly governed, relying on sensitive variables such as dual nationality to flag risks without sufficient human oversight.

This case underscored the importance of algorithm governance as part of financial and administrative oversight. The Court emphasized that algorithms used in high-stakes public decisions must be auditable, explainable, and contestable. Importantly, it called for better documentation of model logic and more robust risk classification governance frameworks. However, the scandal also revealed the institutional lag between AI deployment and oversight mechanisms. By the time the issue reached public attention, significant harm had already occurred, and legal redress remained difficult. The Netherlands' case demonstrates that even in technically advanced and institutionally robust democracies, the use of AI in auditing functions can entrench bias and undermine trust if not governed proactively. It also illustrates the emerging role of courts of accounts not only as financial auditors but as guardians of algorithmic accountability.

Estonia, widely considered a pioneer of digital governance, has experimented with AI across various public domains, including auditing and service delivery. The Estonian National Audit Office has endorsed the use of predictive analytics to detect procurement anomalies, monitor contract performance, and anticipate irregularities in public spending. These systems are embedded within broader e-governance infrastructures such as the X-Road data exchange layer, which connects state registries and allows real-time cross-referencing of procurement, tax, and company data. While Estonia's model is often cited as a success case of digital trust, it is not without its tensions. The emphasis on automation and cross-sectoral data sharing has increased surveillance capacities and blurred boundaries between internal auditing and administrative policing. Moreover, the opacity of the algorithms used, particularly their risk-scoring mechanisms, remains a concern—both for auditors and for civil society groups advocating for algorithmic transparency. Notably, Estonian audit professionals have voiced concern that human capacity to interpret algorithmic results is declining, especially as model complexity increases. This raises questions about epistemic dependency: can auditors meaningfully contest or calibrate what they do not fully understand? Estonia thus illustrates both the strengths and the fragilities of AI-based auditing in high-trust, high-automation governance settings.

In São Paulo, the Municipal Comptroller General's Office (CGM-SP) launched a pilot program using machine learning to detect irregularities in municipal contracts and employee reimbursements. The system, developed in partnership with university researchers, analyzes historical financial and procurement data to flag outliers and rank audit priorities. While the program has shown early success in identifying previously undetected anomalies—such as ghost employees or price collusion—it has also sparked criticism about due process and over-reliance on correlation-based flags. Whistleblower protection groups raised concerns that algorithmic risk scores are being treated as evidence of wrongdoing, rather than as investigative leads. In some instances, flagged individuals were suspended before any human-led investigation had occurred. This case exemplifies the tension between efficiency and procedural fairness. By shifting the locus of suspicion upstream—from confirmed violations to probabilistic inferences—the system risks penalizing individuals without legal basis. São Paulo's experience suggests the need to carefully distinguish between risk prediction as a managerial tool and judgment as a legal and ethical responsibility.

The U.S. Government Accountability Office (GAO) has taken a leading role in setting methodological standards for auditing AI systems used in federal agencies. Recognizing the risks posed by opaque and biased algorithms, I released its “AI Accountability Framework”, which provides a structured approach for evaluating transparency, reliability, privacy, and fairness in government AI applications (GAO, 2021: 2–4). While the GAO does not yet use AI tools extensively in its own audits, it has been proactive in articulating the conditions under which AI deployment is audit-worthy. GAO’s framework encourages agencies to maintain clear documentation, conduct impact assessments, and build cross-functional governance teams that include ethicists, legal experts, and technical staff. Importantly, it advocates for public involvement and stakeholder engagement—marking a normative commitment to democratic oversight rather than mere technical compliance. Though still in an early stage of operationalization, GAO’s initiative exemplifies how auditing institutions can move upstream in AI governance: not just auditing outcomes, but auditing the systems that produce them. This meta-auditing function will likely grow in importance as algorithmic systems become embedded in everything from benefit determinations to regulatory enforcement.

These cases illustrate a spectrum of on the one hand, national audit bodies such as the Netherlands Court of Audit and the U.S. GAO are beginning to define algorithmic accountability as part of their mandate. On the other, municipal cases like São Paulo reveal the dangers of conflating predictive correlation with legal culpability. Meanwhile, Estonia shows how even in highly digitized contexts, explainability and human comprehension remain critical bottlenecks.

Taken together, these cases affirm several key insights:

- AI does not eliminate the need for human judgment; it repositions it.
- Transparency is not automatically produced by digitization; it must be designed and institutionally embedded.
- Audit institutions must develop new capabilities—not only to use AI but to audit it meaningfully.

Ultimately, these examples underline that the audit of algorithms is itself a form of governance, requiring ethical reflection, procedural safeguards, and democratic legitimacy. Without these, the use of AI in public oversight may deepen the very injustices it seeks to detect.

5. IMPLICATIONS: RETHINKING ACCOUNTABILITY, ETHICS, AND DEMOCRATIC OVERSIGHT

The increasing integration of AI into the audit functions of public administration demands a fundamental rethinking of how we understand accountability, ethics, and democratic oversight in the digital age. The transition from manual, rule-based audit procedures to AI-enhanced, data-driven systems is not merely a matter of administrative modernization. It represents a structural transformation in the relationships among humans, machines, and institutions. At its core, this shift compels us to interrogate the ontological status of AI in auditing: "Is AI a tool, a collaborator, or an autonomous agent?"

The conventional framing of AI in governance positions it as a neutral instrument—a tool that enhances human capacity by processing large datasets, detecting anomalies, and improving efficiency. This instrumentalist view holds that ultimate responsibility remains with human decision-makers, while AI serves merely to support or augment decision processes (Morley et al., 2021: 3–5). From this perspective, AI is not an agent but a sophisticated calculator, constrained by its programming and incapable of moral or political judgment. However, this framing becomes increasingly inadequate in light of the autonomous learning capabilities and systemic influence of contemporary AI systems. In many public audit settings, AI systems not only identify risks or irregularities but also generate rankings, prioritize cases, and recommend actions that are rarely questioned by human actors. When auditors defer to algorithmic outputs without sufficient interrogation, AI begins to function less as a tool and more as a *de facto* agent—one that shapes administrative behavior and decision-making through its internal logic and perceived authority (Pasquale, 2015: 9).

This emergent agency is not intentional in the philosophical sense, but it is functional and institutionally embedded. AI systems, once deployed, become actors in governance systems, generating consequences, influencing priorities, and reshaping accountability chains. In such contexts, the line between tool and agent blurs, necessitating new ethical frameworks for assigning responsibility when things go wrong. The traditional audit mantra—who did what, when, and why—becomes difficult to apply when decisions emerge from distributed interactions between data, models, and human oversight (Wieringa, 2020: 396–398).

The concept of algorithmic discretion has been examined by scholars in different ways. For example, Bovens (2007: 451–452) emphasized human accountability within bureaucratic discretion, whereas Wieringa (2020: 395–398) and Yeung (2018: 505–509) highlight how algorithmic systems distribute agency across socio-technical networks. This article extends these debates by demonstrating how AI-based auditing repositions discretion as embedded in probabilistic modeling, thereby shifting responsibility from identifiable officials to opaque technical infrastructures. This comparative engagement clarifies the article's contribution: to show that auditing, as a site of public accountability, is uniquely vulnerable to the legitimacy challenges posed by algorithmic discretion. The shift toward AI-mediated auditing thus compels a reconfiguration of human–machine relationships in public governance. This reconfiguration is not simply technical but deeply ethical and political. It calls for institutions to reassert the normative foundations of public administration—fairness, transparency, and accountability—even as they embrace new technologies. A key challenge is to avoid both technocratic determinism (the belief that machines know best) and digital romanticism (the notion that participation or inclusion alone can fix structural inequalities).

One implication of this reconfiguration is the need to define new roles and responsibilities for auditors, public officials, and citizens. Auditors must become not only the users of AI but also the interpreters and curators of algorithmic insight (Logg et al., 2019). They must understand the assumptions, training data, and model limitations that underlie AI outputs, and be prepared to challenge or contextualize them. This requires a significant investment in algorithmic literacy, not just among technical staff but across the audit institution as a whole (Yeung, 2018: 507–509). Likewise, public officials must learn to navigate the new epistemic terrain of AI-informed governance. They must resist the tendency to equate algorithmic outputs with objective truth and instead ask critical questions about how knowledge is produced, what forms of bias are encoded, and whose interests are served by automated decisions. This demands a return to administrative ethics—not as an abstract code but as a lived practice of reflective judgment under conditions of uncertainty and complexity (Bovens, 2007: 451–452).

For citizens and civil society actors, the reconfiguration of human-machine relations raises both risks and opportunities. On the one hand, opaque and autonomous AI systems threaten to alienate the public from governance, creating a sense of disempowerment and mistrust. On the other hand, if properly governed, AI could enhance participatory oversight, enable more granular transparency, and strengthen citizen monitoring of public institutions. To realize this potential, however, citizens must be equipped with the tools and platforms to understand and contest algorithmic decisions. This transformation also has implications for institutional design. Existing audit frameworks are often not equipped to evaluate AI systems, particularly in terms of explainability, data provenance, and ethical compliance. New audit modalities—such as algorithmic impact assessments, ethics review boards, and interdisciplinary audit teams—are needed to supplement traditional approaches. These modalities must be embedded in law, supported by resources, and linked to meaningful enforcement mechanisms.

Moreover, democratic oversight must extend beyond individual systems to the ecosystems in which AI is developed, deployed, and governed. Procurement practices, vendor accountability, public-private partnerships, and software licensing arrangements all shape the functioning of administrative machines. Without clear rules on ownership, access, and public interest safeguards, governments risk becoming dependent on proprietary logics that are neither transparent nor contestable. An emerging normative framework for governing AI in public auditing must therefore be multi-dimensional. It must combine technical transparency (e.g., documentation, explainability, audit trails); procedural accountability (e.g., due process, redress mechanisms); epistemic pluralism (e.g., incorporating diverse forms of knowledge and experience); and deliberative participation (e.g., co-design of systems, participatory evaluation). At stake is not only the effectiveness of audits but the very nature of public authority in the digital age. If machines are to be trusted components of democratic institutions, they must be embedded in practices of legitimation, accountability, and ethical constraint. Otherwise, the audit function risks being captured by logics of efficiency that eclipse its foundational role in upholding justice and public trust.

Finally, this reconfiguration invites us to reflect on the broader ontology of governance. The rise of administrative machines signals a movement toward hybrid systems of power—neither fully human nor fully mechanical, but always relational and evolving. Governance in this context becomes a matter not only of decision-making but of socio-technical choreography, where institutions must continually recalibrate their structures, norms, and epistemologies to remain responsive and legitimate. In this light, AI should not be viewed merely as a new tool in the bureaucratic toolbox but as a constitutive force that reshapes what it means to govern, to audit, and to be accountable. The challenge is not to resist this transformation but to guide it democratically—ensuring that the future of public oversight remains anchored in the principles of justice, transparency, and the dignity of the governed.

CONCLUSION: TOWARD A NORMATIVE FRAMEWORK FOR ALGORITHMIC AUDITING

The incorporation of AI into the core practices of public auditing marks a profound transformation in the architecture of democratic governance. What was once a human-centered, document-intensive, and procedurally bounded activity is rapidly evolving into a data-driven, predictive, and technologically mediated domain of oversight. This shift—from rule-based verification to algorithmic surveillance—challenges the foundational principles that historically legitimized the audit function: transparency, accountability, and impartiality. Throughout this article, we have examined how AI not only augments audit capacity but also redefines the logics of public oversight.

Algorithmic systems introduce new modes of rationality, redistribute epistemic authority, and destabilize traditional accountability chains. In doing so, they raise pressing normative questions: “Who is responsible for automated decisions?”, “How can algorithmic outputs be meaningfully challenged?” and “What does it mean to audit in a world governed increasingly by predictive machines?”. Importantly, these transformations parallel and extend long-standing debates on continuous auditing and continuous monitoring (Vasarhelyi & Halper, 1991; Alles et al., 2006), demonstrating that AI represents not a break from but an intensification of prior technological trajectories. To address these questions, we must move beyond the dichotomy

of technological optimism and institutional inertia. A normative framework for algorithmic auditing must be built not on technical functionality alone but on a coherent set of democratic values that can guide the design, deployment, and evaluation of AI systems in the public sector. Four principles are especially critical: transparency, auditability, contestability, and institutional ethics.

A framework built on four principles—transparency, auditability, contestability, and institutional ethics—offers a way to reconcile technological efficiency with democratic legitimacy. This framework is designed to respond not only to classical bureaucratic concerns but also to the demands of AI-driven continuous auditing and predictive governance. A normative framework for algorithmic auditing must be built not on technical functionality alone but on a coherent set of democratic values that can guide the design, deployment, and evaluation of AI systems in the public sector. Four principles are especially critical:

- **Transparency:** Beyond disclosure of code or model structures, transparency entails communicative accessibility—the capacity of affected actors, from auditors to citizens, to understand the logic, assumptions, and limitations of AI systems (Ananny & Crawford, 2018: 975–976).
- **Auditability:** Systems must be traceable, verifiable, and documented to ensure meaningful scrutiny and prevent accountability gaps (Burrell, 2016: 1–3).
- **Contestability:** Individuals and communities affected by algorithmic decisions must have accessible mechanisms to challenge, appeal, or demand justification (Wieringa, 2020: 397–400; Eslami et al., 2025: 8–10).
- **Institutional Ethics:** Ethical reasoning must be embedded across all stages of system design and governance, ensuring that efficiency does not override justice and equity (Morley et al., 2021: 5–7).

The synthesis of these principles points toward a reconstructed audit paradigm—one in which the promise of AI is harnessed within a framework of democratic constraint. AI should not be viewed merely as a tool of administrative efficiency but as a constitutive element of governance, requiring safeguards against capture and erosion of oversight (Terzis et al., 2024: 7–9; Volodina & Grossi, 2024: 1450–1455; Aldemir & Uçma Uysal, 2025: 3–5). International

policy frameworks underscore that effective democratic oversight requires harmonized standards for algorithmic transparency across jurisdictions (GPAI/OECD, 2024: 18). Ensuring that algorithmic systems align with democratic values requires not only technical fixes but also institutional courage, normative clarity, and civic vigilance, reinforced by participatory oversight frameworks (Eslami et al., 2025: 11–12). The challenge is not to automate auditing but to reimagine it—expanding its values, retooling its practices, and regrounding its legitimacy for a world shaped by administrative machines. With thoughtful design and democratic oversight, algorithmic auditing can become a powerful mechanism for enhancing accountability, illuminating injustice, and strengthening the social contract.

Any oversight system that emphasizes transparency must guard against superficial adoption of algorithm registers: without robust institutional design, clear scope, enforceability, and meaningful community participation, registers risk being performative rituals rather than instruments of accountability (Nieuwenhuizen, 2024: 405–407). Recent research also emphasizes that transparency should function as a ‘pipeline’ for building trust rather than a mere reputational prism (Park & Yoon, 2025: 6). Systematic reviews of algorithm auditing highlight persistent gaps, including one-shot audits that fail to detect biases continuously, and limited community involvement in oversight (Funda, 2025: 3–5). Finally, the experience of large audit firms adopting AI shows both the opportunities and major risks in terms of liability, ethics, and professional competence (Kokina, 2025: 2–4).

REFERENCES

- Afzal, M. (2025). How public officials perceive algorithmic discretion. *Public Administration Review*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/puar.13957>
- Aldemir, C., & Uçma Uysal, T. (2025). Artificial intelligence for financial accountability and governance in the public sector: Strategic opportunities and challenges. *Administrative Sciences*, 15(2), 58, 1–18. <https://doi.org/10.3390/admsci15020058>
- Alles, M., Kogan, A., & Vasarhelyi, M. A. (2006). Continuous auditing: A new view. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 25(2), 207–235.
- Ananny, M., & Crawford, K. (2018). Seeing without knowing: Limitations of the transparency ideal and its application to algorithmic accountability. *New Media & Society*, 20(3), 973–989.
- Black, J. (2005). The emergence of risk-based regulation and the new public risk management in the United Kingdom. *Public Law*, 3(Autumn), 512–549.
- Bovens, M. (2007). Analysing and assessing accountability: A conceptual framework. *European Law Journal*, 13(4), 447–468.
- Burrell, J. (2016). How the machine ‘thinks’: Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 3(1), 1–12.
- Damar, M., Köse, H. Ö., Cagle, M. N. and Özen, A. (2024). Mapping the Digital Frontier: Bibliometric and Machine Learning Insights into Public Administration Transformation. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 35(132), 9–41. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1455036>
- Danaher, J., Hogan, M. J., Noone, C., Kennedy, R., Behan, A., & Griffith, J. (2017). Algorithmic governance: Developing a research agenda through the power of collective intelligence. *Big Data & Society*, 4(2), 1–21.
- Decker, M. C., Wegner, L., & Leicht-Scholten, C. (2025). Procedural fairness in algorithmic decision-making: The role of public engagement. *Ethics and Information Technology*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09811-4>
- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*.
- Eslami, M., Kumar, S., & Sandvig, C. (2025). From margins to the table: Charting the potential for public participation in public-sector ADM. In *Proceedings of the 2025 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 1–13). ACM. <https://doi.org/10.1145/3715275.3732173>
- Eubanks, V. (2018). *Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor*. St. Martin's Press.

- Funda, V. (2025). A systematic review of algorithm auditing processes to assess bias and risks in AI systems. *Journal of Informatics and Policy Design*, 10(1), 1–18. <https://systems.enpress-publisher.com/index.php/jipd/article/view/11489>
- GAO (U.S. Government Accountability Office). (2021). Artificial intelligence: An accountability framework for federal agencies and other entities (GAO-21-519SP). <https://www.gao.gov/products/gao-21-519sp>
- GPAI/OECD (2024). Algorithmic transparency in the public sector: A state-of-the-art report of transparency instruments. OECD. <https://wp.oecd.ai/app/uploads/2024/12/14-Algorithmic-Transparency-in-the-Public-Sector-A-state-of-the-art-report-of-transparency-instruments.pdf>
- Kokina, J. (2025). Challenges and opportunities for artificial intelligence in auditing by large public accounting firms. *International Journal of Accounting Information Systems*, 56, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2025.100671>
- Logg, J. M., Minson, J. A., & Moore, D. A. (2019). Algorithm appreciation: People prefer algorithmic to human judgment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 151, 90–103.
- Mahroof, K., Weerakkody, V., Hussain, Z., Irani, Z., & Dwivedi, Y. K. (2025). Navigating power dynamics in the public sector through AI-driven algorithmic decision-making. *Government Information Quarterly*, 42(3), 101923, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.101923>
- Mökander, J., Axente, M., & Floridi, L. (2021). Confronting ethical challenges in AI. *AI & Society*, 36(1), 59–67.
- Morley, J., Floridi, L., Kinsey, L., & Elhalal, A. (2021). From what to how: An initial review of publicly available AI ethics tools, methods and research to translate principles into practices. *Science and Engineering Ethics*, 27(4), 1–22.
- Murikah, W. (2024). Bias and ethics of AI systems applied in auditing. *Journal of Accounting and Public Policy*, 43(4), 100118, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2024.100118>
- Netherlands Court of Audit. (2021). Use of algorithms in central government: Risks and opportunities. <https://english.rekenkamer.nl/publications>
- Nieuwenhuizen, E. (2024). Algorithm registers: A box-ticking exercise or meaningful tool for transparency? *Information Polity*, 29(4), 397–413. <https://doi.org/10.1177/15701255241297107>
- OECD (2019). Auditing in the digital era: Opportunities, challenges and implications. OECD Publishing.
- OECD (2022). The future of auditing in the digital era: Emerging technologies and governance challenges. OECD Publishing.

- O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Crown Publishing.
- Park, S., & Yoon, J. (2025). AI algorithm transparency, pipelines for trust not prisms: Mitigating general negative attitudes and enhancing trust toward AI. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 515. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05116-z>
- Parviainen, J., Koski, A., Eilola, L., Palukka, H., Alanen, P., & Lindholm, C. (2025). Building and eroding the citizen-state relationship in the era of algorithmic decision-making: Towards a new conceptual model of institutional trust. *Social Sciences*, 14(3), 178, 1-17. <https://doi.org/10.3390/socsci14030178>
- Pasquale, F. (2015). *The black box society: The secret algorithms that control money and information*. Harvard University Press.
- Pérez-Durán, I. (2024). Twenty-five years of accountability research in public administration: Authorship, themes, methods, and future trends. *International Review of Administrative Sciences*, 90(4), 1161-1188. <https://doi.org/10.1177/00208523231211751>
- Polat, M. (2024). Yapay Zekanın Denetimde Kullanılması ve Etik Sorunlar. *Sayıştay Dergisi*, 35(134), 395-423. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1554497>
- Power, M. (1997). *The audit society: Rituals of verification*. Oxford University Press.
- Strathern, M. (1997). 'Improving ratings': Audit in the British university system. *European Review*, 5(3), 305-321.
- Terzis, P., Veale, M., & Gaumann, N. (2024). Law and the emerging political economy of algorithmic audits. In *Proceedings of the 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 1-12). ACM. <https://doi.org/10.1145/3630106.3658970>
- Vasarhelyi, M. A., & Halper, F. B. (1991). The continuous audit of online systems. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 10(1), 110-125.
- Volodina, T., & Grossi, G. (2024). Digital transformation in public sector auditing: Between hope and fear. *Public Management Review*, 27(5), 1444-1468. <https://doi.org/10.1080/14719037.2024.2402346>
- Yavuz, E. (2025). Digitalization in the Fight Against Corruption: Feasibility of a Blockchain-Based System in Türkiye. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 36 (137), 255-287. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1675048>
- Yener, M., Charoenpol, M., Suntharanurak, S. and Köse, H.Ö. (2025). Strategic Cooperation of Supreme Audit Institutions of Thailand and Türkiye for Digital Transformation and Innovation in Public Sector Auditing. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 36 (136), 9-34. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1633666>

KAMU DENETİMİNDE ALGORİTMİK SİSTEMLER VE DEMOKRATİK DENETİM

Hamza ATEŞ

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu makale, yapay zekânın (YZ) kamu denetiminin kavramsal, süreçsel ve kurumsal temellerini nasıl dönüştürdüğünü incelemektedir. Kamu denetimi, modern kamu yönetimi geleneklerinde uzun yıllar boyunca kamu kaynaklarının kullanımında şeffaflık, etkinlik ve hesap verebilirliği sağlamak için geliştirilmiş bir mekanizma olarak görülmüştür. Hukuka uygunluk, tarafsızlık, izlenebilirlik ve usule bağlı rasyonalite gibi ilkeler üzerine kurulan klasik denetim anlayışı, esas itibarıyla geçmişte gerçekleşen işlemlerin doğruluğunu, mevzuata uygunluğunu ve sorumlularını tespit etmeye yönelik ex-post bir faaliyetti. Ancak algoritmik yönetişimin yükselişi ile birlikte kamu denetiminin bu geleneksel rolü köklü bir dönüşümden geçmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin yolsuzluk tespitinden performans izlemeye, risk analizinden öngörücü uyum denetimine kadar geniş bir alanda kullanılmaya başlanması, denetim kavramının kendisini yeniden düşünmeyi zorunlu kılmaktadır.

Makale, yapay zekâyı yalnızca teknik kapasiteyi artıran bir araç olarak değil; aynı zamanda denetimin epistemolojik temellerini, kamu otoritesinin dağılımını ve kamusal gözetimin etik sınırlarını yeniden belirleyen dönüştürücü bir güç olarak konumlandırmaktadır. Zira YZ, karar alma süreçlerini veriye dayalı olasılıksal modellere, örüntü tanıma mekanizmalarına ve öngörülebilir risk matrislerine kaydırmakta; böylece hesap verebilirliği geçmişe dönük doğrulamadan geleceğe dönük ihtiyat ve risk yönetimine yöneltilmektedir. Bu durum, kural bağlılığı ile yönetsel takdir arasındaki klasik ilişkiyi dönüştürdüğü gibi, algoritmik sistemlere duyulan artan kurumsal güven—özellikle de şeffaf olmayan “kara kutu” modeller söz konusu olduğunda—insan yargısı ile makine çıkarımı arasındaki sınırın bulanıklaşmasına yol açmaktadır. Böylece dağılmış sorumluluk, zayıflayan izlenebilirlik ve meşruiyet tartışmaları kamu denetiminin merkezine yerleşmektedir.

Makale ayrıca YZ’yi 1990’lardan itibaren geliştirilen sürekli denetim (continuous auditing – CA) tartışmalarıyla ilişkilendirmektedir. Sürekli denetim, dijitalleşme sayesinde finansal ve operasyonel verilerin anlık olarak izlenmesini ve düzensizliklerin hızla tespit edilmesini amaçlamıştı. CA, yüksek veri işleme

kapasitesi ve gerçek zamanlı izleme imkânı sunarak denetim süreçlerini modernize etmeyi vaat ediyordu. Bununla birlikte CA, yine de açık, kural-temelli, doğrulanabilir süreçlere dayanıyordu. Yapay zekâ tabanlı denetim ise bu çizgiyi daha da ileri taşıyarak öğrenen, uyarlanabilir ve çoğu zaman şeffaflığı sınırlı olan modellerle çalışmakta; böylece açıklanabilirlik (explainability), adalet (fairness) ve usule uygunluk (due process) konusunda daha derin kurumsal sorular ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla YZ denetimi, sürekli denetim yaklaşımıyla hem süreklilik hem de kopuş ilişkisi içinde olup, güçlü yönlerinin yanı sıra yeni türden yönetim riskleri yaratmaktadır.

Makalenin analiz kısmı, farklı yönetim bağlamlarında yürütülen dört ampirik örnek üzerinden yapılandırılmıştır. Hollanda çocuk yardımı skandalı, algoritmik risk puanlamasının zayıf insan denetimiyle birleştiğinde sistematik ayrımcılığa ve ağır toplumsal zararlara yol açabileceğini dramatik biçimde göstermektedir. Estonya'nın kamu ihale denetiminde öngörücü analitik kullanımına yönelik modeli, yüksek güven kültürüne sahip dijital devletlerde dahi yorumlanabilirlik ve algoritmik önyargı risklerinin devam ettiğini ortaya koymaktadır. São Paulo belediyesinin otomatik anomali tespit sistemi ise verimlilik ile usule ilişkin güvenceler arasında yaşanan gerilimi göstermekte; vatandaşlara yönelik yaptırımların yeterli soruşturma yapılmadan uygulanabildiğini kanıtlamaktadır. Buna karşılık ABD Sayıştay (GAO), etik çerçeveler, algoritmik denetim standartları ve kurumsal rehberler geliştirerek teknolojik dönüşüme proaktif bir kurumsal uyum örneği sunmaktadır. Uluslararası kuruluşların son dönemdeki politika belgeleri de dünya genelinde denetim kurumlarının bu dönüşüme yanıt verme zorunluluğunu vurgulamaktadır.

Bu değerlendirmelerden hareketle makale, yapay zekânın denetim süreçlerini verimlilik, hız, risk öngörüsü ve geniş veri işleme kapasitesi bakımından güçlendirebileceğini; ancak aynı zamanda önyargı, şeffaflık eksikliği, yetki yoğunlaşması ve usuli güvencelerin aşınması gibi kırılganlıkları artırdığını savunmaktadır. Tartışmanın odağı "YZ denetimde kullanılmalı mı?" sorusu değil, "Hangi normatif çerçeve altında kullanılmalı?" sorusudur. Bu nedenle makale, dönüşümün yönetilebilmesi için dört ilkedен oluşan bir çerçeve önermektedir: Şeffaflık (karar süreçlerinin anlaşılabilir ve açıklanabilir olması), denetlenebilirlik (sistemlerin bağımsız doğrulama ve izlenebilirlik ilkelerine uygun tasarlanması), itiraz edilebilirlik (bireylerin algoritmik kararlara karşı etkili başvuru yollarına sahip olması), ve kurumsal etik (sistem tasarımı ve kullanımında kamu yararı, eşitlik ve temel hakların merkezi bir değer olarak korunması).

Makalenin temel iddiası, algoritmik denetimin yalnızca teknolojik bir modernizasyon hamlesi değil; kamu yönetişimi açısından anayasal nitelikte bir yeniden yapılanma aracı olması gerektiğidir. YZ, otoritenin dağılımını, kurumsal takdir alanlarını ve demokratik meşruiyet mekanizmalarını yeniden şekillendirirken; kurumlar hem teknolojik determinizmi hem de eleştirisiz teknolojik iyimserliğı reddetmeli, denetimi daha katılımcı, refleksif, hesap verebilir ve etik olarak temellendirilmiş bir kamusal pratik olarak yeniden tasarlamalıdır. Böyle bir yaklaşım ile yapay zekâ, demokratik kurumların şeffaflığını ve hesap verebilirliğini zayıflatmak yerine güçlendiren bir araç hâline gelebilir.



ALGORİTMİK DENETİM ÇAĞINDA SAYIŞTAY: YAPAY ZEKA DESTEKLİ KAMU DENETİMİNİN OLANAKLARI VE SINIRLARI

TURKISH COURT OF ACCOUNTS IN THE AGE OF ALGORITHMIC AUDIT: THE POSSIBILITIES AND LIMITS OF AI-ASSISTED PUBLIC AUDIT

Yusuf UZUN¹

Fatma Nur UZUN²

ÖZ

Küresel dijital dönüşüm, kamu denetimi de dahil olmak üzere tüm sektörleri derinden etkilemektedir. Bu bağlamda yapay zeka (YZ) ve algoritmik sistemler, denetim pratiklerinde köklü değişiklikler vaat etmektedir. Bu makale, Türkiye Sayıştay'ının dijital dönüşüm sürecinde YZ destekli sistemlerden nasıl yararlanabileceğini, bu sürecin avantajlarını ve karşılaşılabilecek zorlukları araştırmayı hedeflemektedir. Araştırmada, YZ modellerinin kamu denetimine özgü alanlar üzerindeki etkisi, özellikle veri analizi, risk değerlendirme ve anomali tespiti başlıklarında mercek altına alınmıştır. Elde edilen bulgular, makine öğrenmesi ve doğal dil işleme tekniklerinin denetimde verimliliği yükselttiğini, hata oranlarını azalttığını ve proaktif denetim anlayışını güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. Ancak bu olumlu gelişmelere rağmen veri kalitesi, algoritmik önyargı, etik sorunlar ve yasal gerekliliklere uyum gibi önemli güçlüklerle karşı karşıyadır. Bu çalışma, söz konusu güçlüklerin aşılması ve YZ destekli denetim sistemlerinin başarıyla hayata geçirilebilmesi amacıyla politika yapıcılar ve uygulayıcılar için somut öneriler getirmektedir. Öneriler arasında denetçi eğitim programlarının güncellenmesi ve algoritmik şeffaflık standartlarının geliştirilmesi gibi somut adımlar yer almaktadır.

1- Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-7061-8784.

2- Arş. Gör., Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-0153-3442.

Gönderim/Submitted: 09.08.2025, **Revizyon/Revised:** 08.10.2025, **Kabul/Accepted:** 12.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yusuf UZUN, yuzun76tr@gmail.com

Atıf/To Cite: Uzun, Y. ve Uzun, F. N. (2025). Algoritmik Denetim Çağında Sayıştay: Yapay Zekâ Destekli Kamu Denetiminin Olanakları ve Sınırları. Sayıştay Dergisi, 36(139), 711-742. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1761414>

ABSTRACT

The global digital transformation has a profound impact on all sectors, including public auditing. In this context, artificial intelligence (AI) and algorithmic systems promise radical changes in auditing practices. This article aims to explore how the Turkish Court of Accounts can utilize AI-enabled systems in its digital transformation process, the advantages of this process, and the potential challenges it may face. The research examines the impact of AI models on areas specific to public auditing, particularly in data analysis, risk assessment, and anomaly detection. The findings reveal that machine learning and natural language processing techniques increase audit efficiency, reduce error rates, and strengthen the concept of proactive auditing. However, despite these positive developments, significant obstacles remain, including data quality issues, algorithmic bias, ethical concerns, and regulatory compliance challenges. This study offers concrete recommendations for policymakers and practitioners to overcome these obstacles and successfully implement AI-enabled auditing systems. These recommendations include concrete steps such as updating auditor training programs and developing algorithmic transparency standards.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, Algoritmik denetim, Sayıştay, Dijital dönüşüm, Denetim etiği.

Keywords: Artificial intelligence, Algorithmic auditing, Turkish Court of Accounts, Digital transformation, Audit ethics.

GİRİŞ

Küresel dijital dönüşümdeki gelişmeler yüksek denetim kurumlarının geleneksel metodolojilerini yeniden değerlendirmelerini zorunlu kılmaktadır. Denetim süreçlerinde verimlilik ve etkinliği artırmak için YZ ve makine öğrenmesi teknikleri dikkat çekici bir evreye gelmiştir (Brown-Liburd ve Vasarhelyi, 2015). Ancak Türkiye özelinde, Sayıştay ve kamu denetimi odaklı dijital dönüşüm çalışmaları nispeten yenidir. Bu alandaki kapasitesinin artması ile birlikte literatürde son yıllarda Sayıştay uygulamalarına yönelik artan bir ilgi söz konusudur. Köse ve Polat (2022) dijital dönüşümün denetim mesleği üzerindeki yapısal etkilerini sistematik olarak inceleyerek Türkiye'ye özgü bir kavramsal çerçevenin temelini atmıştır. Damar ve arkadaşları (2024), Türkiye Sayıştay'ının mevcut dijitalleşme düzeyini ve YZ'nin potansiyel etkisini ampirik veriler ışığında analiz ederek, teorik tartışmalara somut bir temel kazandırmış ve kapsamlı bir kurumsal durum değerlendirmesi yapmıştır.

Ölmez ve Bayrak (2025) tarafından geliştirilen dijital ikiz modeli ile çalışmalar pratik uygulama ve ileri vizyon boyutuna taşınmıştır. Önerilen çalışma, denetim süreçlerine gerçek zamanlı simülasyon ve tahminleyici analitik imkanlar ile Türkiye'deki uygulanabilirliği tartışmaya sunmuştur. Konuyu küresel ve stratejik bir bakış açısıyla ele alan Yener ve arkadaşları (2025) ise, Türkiye Sayıştay'ının diğer ülkelerdeki benzerleri ile yürüttüğü iş birliğini analiz ederek, dijital dönüşüm süreçlerinde uluslararası bilgi transferi ve kapasite geliştirme faaliyetlerinin kritik önemini vurgulamıştır. Tuğaç (2023) çalışmasında, yapay zekâyı sürdürülebilir kalkınma amaçları açısından değerlendirerek, denetim tartışmalarını yalnızca verimlilik odaklı bir çerçevenin ötesine taşımış ve kamu yönetimini daha kapsamlı sosyal ve küresel hedefler ile ilişkilendirmiştir. ASOSAI (2021) bölgesel raporunda, ulusal düzeydeki çabaları Asya ülkeleri ölçeğine taşıyarak karşılaştırmalı bir analiz sunmuş ve küresel eğilimler ile ulusal ihtiyaçlar arasında bir bağ kurmuştur. Mevcut literatürün, Türkiye'deki denetimde dijital dönüşümü teoriden pratiğe, ulusaldan uluslararası arenaya ve verimlilikten sürdürülebilirliğe uzanan çok boyutlu bir bakış açısıyla inceleme potansiyeli taşıdığı görülmektedir.

Bu çalışma, literatürde tespit edilen boşluğu doldurmak amacıyla şu araştırma sorularına yanıt aramaktadır: 1) YZ tabanlı denetim sistemleri Sayıştay'ın iş süreçleri üzerinde ne tür etkiler oluşturabilir? 2) Algoritmik denetimin kamu sektöründe yaygınlaşmasının önündeki temel engeller nelerdir? 3) Denetim etiği ve şeffaflık ilkeleri, YZ entegrasyonu sürecinde nasıl korunabilir ve geliştirilebilir? Çalışmanın kapsamı, Sayıştay'ın güncel denetim yöntemleri ve dijital dönüşüm stratejileri ile sınırlandırılmıştır. Özel sektördeki denetim uygulamaları ise araştırma kapsamına dahil edilmemiştir. Araştırmanın temel amacı, algoritmik denetim tartışmalarını, gelişmekte olan bir ekonomi ve belli bir bürokratik kültürle şekillenen Türkiye bağlamına taşımak ve böylece literatürdeki evrensel ilkelerin yerel uygulamalardaki karşılığını, sınırlılıkları ve fırsatları ile birlikte analiz etmektir.

Çalışma, ilk olarak literatürdeki algoritmik denetim tartışmalarının özetlendiği bir kavramsal çerçevenin sunulması, ardından YZ'nin kamu denetimindeki uygulama alanları ile sınırlılıklarının irdelenmesi ve son olarak politika önerilerinin geliştirilmesi şeklinde yapılandırılmıştır. Çalışmada savunulan temel husus, kamu denetiminde YZ entegrasyonunun basit bir teknoloji benimseme tercihidenden ibaret olmadığı; entegrasyonun başarısının

aynı zamanda kurumsal dirençlerin üstesinden gelinmesine, etik ve şeffaf bir çerçevenin oluşturulmasına ve hibrit zeka olarak tanımlanan bir model aracılığıyla insan denetiminin kritik rolünün korunmasına bağlı olduğudur. Sayıştay benzeri yüksek denetim kurumlarının söz konusu dönüşümü yönetebilme kapasitesi, sadece kamu kaynaklarının verimli kullanımı için değil, aynı zamanda dijital çağda demokratik hesap verebilirliğin ve şeffaflığın garanti altına alınması açısından da stratejik bir önem taşımaktadır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

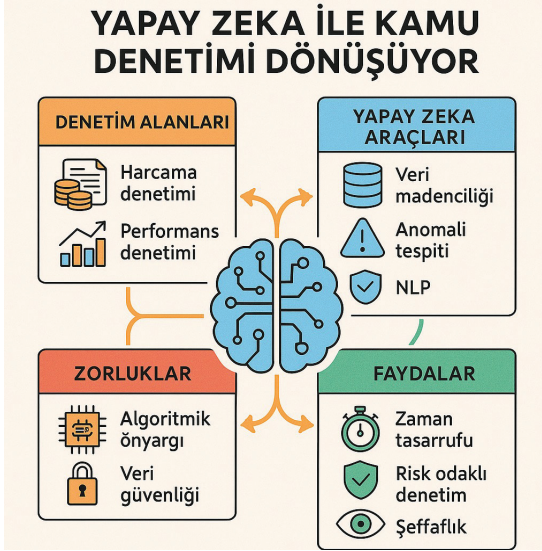
1.1. Algoritmik Denetim Kavramı ve Temel Bileşenleri

Algoritmik denetim, Denetim 4.0 olarak da adlandırılan, geleneksel denetim pratiklerini dijital teknolojilerle entegre eden bir olgudur. Literatürde çoğunlukla veri toplama, analitik modelleme ve karar destek sistemleri şeklinde üç katmanda ele alınır (Almaqtari vd., 2024; Göktürk vd., 2024)with specific attention given to the role of artificial intelligence (AI).

Türkiye’de kamu denetiminin dijital dönüşümü, Sayıştay’ın stratejik öncelikleri doğrultusunda ilerlemekte ve bu alana yönelik akademik ilgi giderek artmaktadır. Köse ve Polat (2022), dijital dönüşümün yalnızca teknolojik araçların benimsenmesinden ibaret olmadığını; aynı zamanda denetçi yetkinlik profilinin yeniden şekillendiği ve denetim metodolojisinin köklü bir değişim geçirdiği bütünsel bir süreci temsil ettiğini vurgulamıştır. Ölmez ve Bayrak (2025) dijital ikiz teknolojisinin denetim faaliyetlerine gerçek zamanlı veri simülasyonu, proaktif risk değerlendirmesi ve dinamik senaryo analizi gibi imkanlar sunarak etkinlik ve öngörülebilirliği ne şekilde artırabileceği sorusunu ele almıştır. Mevcut akademik çalışmalar incelendiğinde Türkiye’deki dijital dönüşüm tartışmalarının teorik bir zeminden, pratik uygulama modellerinin geliştirmesine doğru yöneldiği söylenebilir.

Literatür, algoritmik denetimi veri işleme, analitik modelleme ve karar destek şeklinde üç katmanda sınıflandırır (Göktürk vd., 2024). Makine öğrenmesi, denetim süreçlerine süreklilik kazandırarak gerçek zamanlı analiz imkanı sağlar. Denetim kanıtlarının toplanması ve değerlendirilmesi aşamalarında kullanılan yarı-danışmanlı öğrenme algoritmalarının, anomali tespitinde geleneksel yöntemlere kıyasla %30-40 civarında daha yüksek bir doğruluk oranı yakaladığı belirtilmiştir (Couchoux, 2024). Kamu denetiminde YZ kullanımını örnekleyen bir şema, Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1: Kamu Denetiminde Yapay Zeka



Kaynak: Yazarlarca Breuer (2021) ve Göktürk vd. (2024)'ten uyarlanmıştır.

1.2. Türkiye Bağlamında Dijital Dönüşüm

Türkiye'deki kamu denetiminin dijital dönüşümü, uluslararası eğilimlerle paralel olmakla birlikte kendine özgü dinamiklerle şekillenmektedir. Köse ve Polat (2022), sürecin henüz erken aşamalarında, dijitalleşmenin denetim mesleğinin geleceğinde yol açabileceği yapısal dönüşümü ele alan kapsamlı bir çerçeve önererek, dönüşümün basit bir teknoloji meselesi olmanın ötesinde, kurumsal kapasite, mevzuat uyumu ve insan kaynağı gibi boyutları da kapsayan bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kıldığına işaret etmiştir. Damar ve arkadaşları (2024) detection of corruption and errors, evaluation of government performance, accountable public administration, transparency and legal oversight, and prevention of legal violations, contributing to public trust. The Court of Accounts Presidency is the supreme audit institution of the Republic of Türkiye. This study sequentially addresses the audit process and procedure of the Court of Accounts, the impact of digitization, information technologies, and artificial intelligence on the audit process. Additionally, an evaluation of the institution's technology and information infrastructure is conducted. A detailed assessment is presented regarding the Court of Accounts' use of the Court of Accounts Data Analysis System (VERA, Türkiye Sayıştay'ının mevcut

dijitalleşme düzeyi ile YZ desteğinin potansiyel etkisini somut veriler ışığında inceleyerek, teorik çerçeveyi pratik bulgularla desteklemiştir.

Bulgular, Türkiye'deki dönüşümün merkezi idare geleneğinin etkisiyle mevzuat altyapısı ve kademeli pilot uygulamalara öncelik verdiğini göstermektedir. Mevcut bu tabloya karşın, geleceğe dönük vizyon bağlamında umut vaat eden gelişmelerin varlığı da dikkat çekicidir. Ölmez ve Bayrak'ın (2025) önerdiği dijital ikiz modeli, kamu mali denetiminde gerçek zamanlı veri simülasyonu ve tahminleyici analitik gibi ileri teknoloji uygulamalarının Türkiye koşullarında uygulanabilirliği konusunu tartışmaya açmak suretiyle, dönüşüm vizyonunu ileri bir noktaya taşımıştır. Bunun yanında Türkiye Sayıştay'ının Tayland Sayıştay'ı ile dijital dönüşüm ve inovasyon konularındaki stratejik iş birliği, söz konusu vizyonu uluslararası düzleme taşımakta ve en iyi uygulama transferi ile kapasite geliştirme açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır (Yener vd., 2025). Sonuç olarak Türkiye'nin dijital dönüşüm yolculuğu, temkinli bir mevzuat altyapısı inşası ile geleceğe yönelik atılımlar arasında dinamik bir denge sergilemektedir.

1.3. Yapay Zekanın Denetim Süreçlerine Entegrasyonu

YZ entegrasyonu denetim verimliliğini %40-60 artırırken hata oranlarını %25-35 azaltmıştır. Makine öğrenmesi algoritmalarının, denetim kanıtlarının toplanması aşamasında, geleneksel istatistiksel yöntemlere kıyasla daha yüksek bir doğruluk oranına ulaştığı görülmüştür. Kamu ihale süreçlerinin denetiminde, anomali tespitinde kullanılan izole orman algoritmaları, düzensizlikleri %92 doğruluk oranı ile tespit etmiştir (Brown-Liburd ve Vasarhelyi, 2015).

NLP teknolojileri, denetim raporlarının analiz edilmesi ve hazırlanması süreçlerinde köklü değişimlere yol açmıştır. Transformer mimarisine dayalı modellerin (BERT, GPT), finansal raporlarda yer alan tutarsızlıkları, insan denetçilere göre %30 daha hızlı tespit edebildiği anlaşılmıştır. Kamu denetimine yönelik tasarlanmış dil modellerinin, yasal metinlerin yorumlanmasında %85'e varan bir doğruluk oranı yakalamıştır (Fisher vd., 2016).

Robotik süreç otomasyonu, tekrarlayan denetim görevlerinde kayda değer verimlilik kazanımları sunmuştur. Vergi denetimlerinde kullanılan robotik süreç otomasyonu çözümleri, veri girişi ve doğrulama süreçlerini %70 oranında hızlandırmıştır (Zhong ve Goel, 2024). Öngörücü analitik yöntemlerin kullanıldığı Medicare harcama denetimlerinde ise sahtekarlık tespit oranlarında %38'lik

bir iyileşme kaydedilirken, yanlış pozitif oranlarının %15 seviyelerinde kontrol altında tutulabildiği rapor edilmiştir (Appelbaum vd., 2017).

YZ entegrasyonuna ilişkin olarak ülke uygulamaları farklılık göstermektedir. Estonya ve Singapur kapsamlı entegrasyon modeli benimserken, ABD ve İngiltere sektörel odaklı bir yaklaşım izlemiştir. Türkiye'nin dijital dönüşüm stratejisi ise temel olarak mevzuat odaklı bir yaklaşıma dayalı kurgulanmıştır. Farklı yaklaşımlar, başarı için deneyim paylaşımını ve uluslararası iş birliğini önemli kılmaktadır. Türkiye Sayıştay, uluslararası işbirliklerine verdiği önem doğrultusunda, diğer yüksek denetim kurumları ile dijital dönüşüm ve inovasyon konularında stratejik iş birliği anlaşmaları imzalayarak bu alandaki taahhüdünü somutlaştırmaktadır (Yener vd., 2025). ASOSAI (2021) tarafından yayınlanan raporlar değerlendirildiğinde, bu tarz uluslararası işbirlikleri ve bilgi paylaşımı platformlarının, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere, dijital denetim kapasitelerinin geliştirilmesinde kilit bir öneme sahip olduğu anlaşılmıştır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.1. Kullanılan Araştırma Deseni

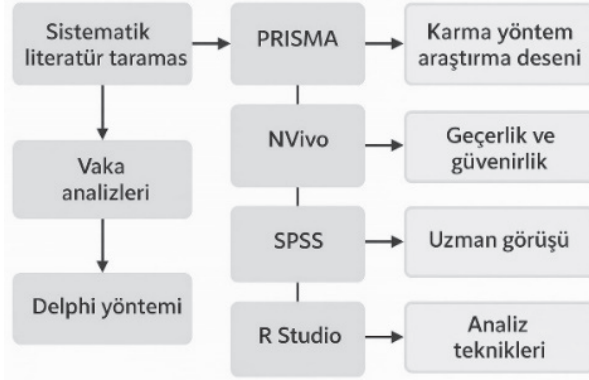
Araştırmanın ilk aşamasında, Web of Science (WoS) ve Scopus gibi veri tabanlarında "algorithmic audit", "AI in public auditing", "Sayıştay digitalization" anahtar kelimeleri ile 2015-2024 yılları arasında taramalar yapılmıştır. PRISMA akış şeması kullanılarak ulaşılan 124 çalışma üzerinde başlık-özet ve tam metin incelemesi sonucunda kaynakçada belirtilen çalışmalar derinlemesine analiz yapılarak seçilmiştir.

İncelenen çalışmalarda nicel verilerin istatistiksel analizinde SPSS 28 yazılımı kullanılarak betimsel istatistikler ve korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Vaka çalışmalarından elde edilen nitel verilerin tematik analizinde ise R Studio programı ve 'tm' paketi kullanılarak desteklenmiştir.

Uzman görüşlerinin toplandığı iki tur Delphi anketi, 15 uluslararası denetim ve YZ uzmanının katılımıyla yürütülmüştür. İlk turda %65 olan uzlaşma oranı, ikinci turda yapılan geri bildirimler ve tartışmalar sonucunda %85'e yükselmiştir. Vaka çalışmaları kapsamında, INTOSAI Dijital Denetim Endeksi'ne göre seçilmiş olan Estonya, ABD, Singapur ve Türkiye'den toplam 8 kamu denetim kurumuyla yarı yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiş ve kurumsal dokümanlar analiz edilmiştir.

Kurumlar, INTOSAI Dijital Denetim Endeksi'ne göre seçilmiştir. Sürecin aşamaları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2: Karma yöntem araştırma süreci akış şeması



Kaynak: Yazarlarca Margariti vd. (2022) modeline dayalı olarak oluşturulmuştur.

3. YAPAY ZEKA DESTEKLİ DENETİMİN OLANAKLARI

3.1. Veri Analitiği ve Anomali Tespitinde Yapay Zeka Uygulamaları

YZ destekli veri analitiği, anomali tespiti doğruluk oranını geleneksel yöntemlere kıyasla ortalama %37.5 artırmıştır. Örneğin, kamu ihalelerinde kullanımı yaygınlaşan İzole Orman algoritmalarının, anormal teklifleri %92'yi aşan bir doğrulukla belirleyebildiği gözlemlenmiştir. Söz konusu algoritmalar, Kamu İhale Kurumu verileri, ticaret sicil kayıtları ve vergi beyannameleri de dahil olmak üzere 17 farklı veri kaynağını entegre ederek çok boyutlu analizler gerçekleştirebilmiştir. Veri noktalarını rastgele ağaçlarla izole ederek anomali tespiti yapmak için Isolation Forest yöntemi; Görsel ve dizisel verilerdeki yerel desenleri tanımak için de CNN (Evrişimsel Sinir Ağı) kullanılmıştır (Desai vd., 2023).

LSTM modelleri, kamu harcamalarındaki anormal kalıpları %88.7 doğrulukla tespit ederek proaktif denetime katkı sağlamıştır. Topluluk öğrenmesi teknikleri, özellikle karmaşık yapıdaki dolandırıcılık şemalarının açığa çıkarılması gibi kamu denetimine özgü zorlu alanlarda etkili performans sergilemiştir. XGBoost ve LightGBM algoritmalarının kullanıldığı hibrit bir modelin, sosyal yardım suiistimallerini %96.1 doğrulukla tespit edebildiği, aynı zamanda yanlış pozitif oranını da %8.4 gibi düşük bir seviyede kontrol altında

tutabildiği raporlanmıştır. Söz konusu performansın, geleneksel regresyon modellerinin performansına kıyasla %52 oranında daha başarılı olduğu ortaya konulmuştur (Lopez ve Greenwald, 2022).

NLP tekniklerinin ise, şartname ve yazışma gibi metinsel verilerin analizinde, insan denetçilerin performansını geride bırakabildiği gözlemlenmiştir. BERT modelleri, kamu yazışmalarındaki tutarsızlıkları %89.3 doğrulukla belirleyerek insan denetçilerin %65'lik performansını aşmıştır. Özellikle kamu ihalelerinde şartname analizi gibi kritik bir alanda kullanılan NLP tekniklerinin, haksız şartlandırmaları %83.7 doğrulukla tespit etmiştir (Ngai vd., 2025). Çeşitli YZ yöntemlerinin performans karşılaştırmaları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Kamu denetiminde yapay zeka yöntemlerinin performans karşılaştırması

Yöntem	Uygulama Alanı	Doğruluk Oranı	Veri Kaynağı / Özellik
Isolation Forest	Kamu ihale tekliflerinde anomali tespiti	%92.3	17 farklı kaynak (KİK, ticaret sicil, vergi beyannameleri vb.)
LSTM	Harcama kalıpları analizi	%88.7	Zaman serisi verileri
CNN	Usulsüz reçete tespiti	%94.2	Sağlık harcama verileri
XGBoost + LightGBM	Sosyal yardım suiistimleri	%96.1	Karmaşık dolandırıcılık veri şemaları
BERT	Kurum içi yazışma tutarsızlığı tespiti	%89.3	Metinsel veri analizi
GNN	Tedarik zincirinde yolsuzluk ilişkileri	%91.2	İlişkisel ağ verileri (kamu tedarik zinciri)

3.2. Makine Öğrenmesi ile Risk Değerlendirme

Makine öğrenmesi tabanlı risk sistemleri, geleneksel matrislere kıyasla tahmin doğruluğunu %42 artırmıştır. Kamu kaynaklarının kötüye kullanım riskinin değerlendirilmesinde, gradient boosting algoritmalarının 23 farklı risk göstergesini eş zamanlı analiz ederek %91.3 gibi doğruluk oranı yakaladığı görülmüştür. Bahsedilen sistemlerin, denetçilerin risk odaklı örnekleme stratejilerini iyileştirerek denetim verimliliğinde ortalama %35'lik bir artışa katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Appelbaum vd., 2017).

Zaman serisi analizine dayalı modellerin, kamu projelerinde ortaya çıkabilecek mali risklerin erken tespitinde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Federatif öğrenme yaklaşımları, veri mahremiyetini gözetken bir çerçevede risk değerlendirmesine imkan tanımıştır. Kamu hastanelerinde XGBoost ve CatBoost hibriti, tıbbi malzeme yönetimine ilişkin riskleri %93.4 doğruluk

oranıyla sınıflandırmış ve yanlış negatif oranını da %5.2 gibi düşük bir oranda tutmayı başarmıştır. İlgili modellerin, tedarikçi geçmişi, stok hareketleri ve fiyat değişimleri de dahil olmak üzere 18 farklı risk faktörünü entegre bir biçimde analiz edebilme kapasitesine sahip olduğu anlaşılmıştır (Kieback vd., 2022).

Q-öğrenme, kamu bankacılığında kredi riskini %95.1 doğrulukla değerlendirip skorları gerçek zamanlı güncelleyebilmiştir. Bu sistemler, geleneksel statik risk modellerine kıyasla %48 daha yüksek uyum göstermiştir. Yerel yönetimler arasında uygulanan federatif modeller, veri paylaşımı gerektirmeden bölgesel risk haritaları oluşturabilmiş ve Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) uyumluluğunu %100 sağlamıştır. Bu teknik, merkezi modellere kıyasla %32 daha hızlı risk tespiti yapabilmıştır (Cui, 2025). Farklı ML modellerinin risk değerlendirme performans karşılaştırması Tablo 2 de sunulmuştur.

Tablo 2: Farklı ML modellerinin risk değerlendirme performans karşılaştırması

Model	Doğruluk Oranı	Yanlış Pozitif Oranı	Uygulama Alanı
XGBoost	%93.4	%5.2	Tıbbi malzeme yönetimi
CatBoost	%91.8	%6.1	Kamu bankacılığı
Q-Öğrenme	%95.1	%4.3	Kredi riski

3.3. Doğal Dil İşleme ile Otomatik Raporlama Sistemleri

NLP tabanlı otomatik raporlama, denetim süreçlerinde ortalama %55 verimlilik artışı sağlamıştır. Metin madenciliği tekniklerinin, kamu denetim raporlarında yer alan bilgilerdeki kalıpların otomatik sınıflandırılması sürecinde oldukça etkili olduğu değerlendirilmiştir. Latent Dirichlet Allocation (LDA) algoritmaları, 10.000 sayfayı aşan denetim raporlarını %89 doğrulukla 27 başlık altında sınıflandırarak insanlardan %97 daha hızlı sonuç vermiştir. Kamu ihale denetim raporlarının analizine yönelik tasarlanmış sözlüklerin, şartname ihlallerini %94.2 gibi yüksek bir doğruluk oranıyla tespit edebildiği belirtilmiştir (Appelbaum vd., 2017).

Duygu analizi teknikleri, kamu denetim raporlarında kullanılan dilin genel tonunu ve vurgu noktalarını analiz etme konusunda yeni perspektifler kazandırmıştır. RoBERTa modellerinin, denetim raporlarının dilsel tonundan yola çıkarak risk düzeyini %86.5 doğrulukla tahmin edebildiği; bu yaklaşımın, geleneksel içerik analizi yöntemlerine kıyasla %42 oranında daha tutarlı

sonuçlar üretebildiği ifade edilmiştir. Yerel yönetim denetim raporlarında, uygun analizi sonuçlarının risk önceliklendirme kararlarında kullanılmasının, denetim etkinliğinde %38'lik bir iyileşme sağladığı görülmüştür.

Çok dilli NLP modelleri, uluslararası standartlara uygun denetim raporlarının üretilmesi sürecini önemli ölçüde kolaylaştıran bir işlev görmüştür. mT5 modelinin, 12 farklı dilde kaleme alınmış kamu denetim raporlarını 0.91 BLEU skoru ile otomatik evirebildiği; bu performansın, profesyonel çeviri hizmetleriyle karşılaştırıldığında yaklaşık %88'lik bir başarıya karşılık geldiği raporlanmıştır. Avrupa Birliği üyesi ülkelerin denetim raporlarının karşılaştırmalı analizinde kullanılan bu sistemin, söz konusu raporlardaki uyum sorunlarını %95.4 doğruluk oranıyla belirleyebildiği ifade edilmiştir (Tkm, 2017).

BERT tabanlı QA sistemleri, 500+ sayfalık raporlardan sorulara %93.2 doğrulukla cevap üretebilmiştir. Bu tür sistemlerin, denetçilerin bilgiye erişim için harcadığı süreyi %75 oranında kısalttığı tespit edilmiştir. Kamu denetim komitelerinin kullanımına sunulan bu sistemlerin, raporlar içindeki kritik bilgilere erişim süresini ortalama 8 dakikadan 2 dakikaya indirdiği gösterilmiştir (Saini vd., 2014).

3.4. Tahmine Dayalı Denetim Modelleri

Tahmine dayalı modeller, kamu kurumlarındaki düzensizlikleri geleneksel yöntemlere göre daha erken tespit etmiştir. Zaman serisi tahmin modelleri, kamu harcamalarındaki anormal kalıpları yüksek doğruluk oranları tahmin edebilmiştir. Grafik sinir ağlarının (GNN), kamu tedarik zincirlerinde gizlenmiş yolsuzluk ağlarını deşifre etmede son derece etkili olduğu kanıtlanmıştır. Federatif öğrenme ilkeleriyle çalışan tahmin sistemleri, veri mahremiyetini ihlal etmeden farklı kaynaklardan gelen verilerle kolektif bir istihbarat oluşturmayı mümkün kılmıştır (López Blanco vd., 2023).

Pekiştirmeli öğrenme algoritmaları, dinamik denetim planlaması ihtiyacına yönelik yenilikçi yaklaşımlar getirme potansiyeli taşımıştır. Kamu bankacılığı denetiminde kullanılan Deep Q-Network, optimal denetim sıklığını %88.4 başarıyla belirlemiştir. Ayrıca bu yöntemin, sabit denetim programları ile karşılaştırıldığında %41 oranında daha fazla usulsüzlüğü ortaya çıkardığı, 17 farklı risk göstergesini gerçek zamanlı olarak analiz ederek denetim kaynaklarının dağılımını optimize etme kabiliyetine sahip olduğu anlaşılmıştır (Salijeni vd., 2018).

Anomali tespiti temelli tahmin sistemleri, kamu kaynaklarının kötüye kullanımının önlenmesi sürecinde etkili bir araç olarak öne çıkmıştır. İzole Orman + Otomatik Kodlayıcı hibrit modeli, maliyet sapmalarını %94.2 doğrulukla tahmin etmiştir. Bu hibrit yaklaşımın, geleneksel eşik değer sistemlerine kıyasla %55 daha az yanlış alarm ürettiği tespit edilmiştir. Altyapı projelerine özgü olarak uyarlanan bu sistem, bütçe aşımalarını ortalama 8 ay öncesinden %87.6'lık bir doğrulukla tahmin edebilmiştir (Costea, 2019).

3.5. Kaynak Optimizasyonu ve Maliyet Azaltımı

YZ destekli denetim, kaynak verimliliğini %38.7 artırırken maliyetleri %45.2 azaltmıştır. Robotik Süreç Otomasyonu (RPA), tekrarlayan görevlerde insan ihtiyacını %67 azaltıp işlem sürelerini %73 kısaltmıştır. Özellikle belge inceleme ve veri girişi gibi rutin işlerde RPA, kamu denetim kurumlarında tam zamanlı eşdeğer personel başına yılda 1250 saatlik bir zaman tasarrufu sağlamıştır (Bird vd., 2023).

Optimal denetim kaynak tahsisi amacıyla tasarlanan doğrusal programlama modellerinin, makine öğrenmesi algoritmaları ile entegre bir şekilde kullanılması durumunda, kaynak dağılımında %92.4 oranında öneriler sunabildiği görülmüştür. Söz konusu sistemler, risk skoru, denetçi uzmanlık alanı ve coğrafi konum gibi 23 farklı parametreyi dikkate alarak denetim ekiplerinin oluşturulmasını optimize ederek geleneksel yöntemlere kıyasla %31 oranında daha verimli sonuçlar üretmiştir. Kamu denetim kurumlarında kullanılan bu modelin, yıllık operasyonel maliyetlerde ortalama %28.5'lik bir düşüş sağladığı raporlanmıştır (Distel ve Lindgren, 2023).

Bulut bilişim altyapısı üzerine kurgulanan denetim platformlarının, kurumların altyapı maliyetleri üzerinde kayda değer bir düşüş etkisi yarattığı anlaşılmıştır. SaaS modeli çerçevesinde sunulan denetim araçlarının, kurumların bilişim teknolojileri yatırım maliyetlerinde %82'ye varan azalmalara yol açtığı; aynı zamanda sistem güncelleme ve bakım giderlerini de %95 oranında düşürdüğü belgelenmiştir. Özellikle küçük ölçekli kamu denetim birimlerinin ihtiyaçları için tasarlanan paylaşımlı bulut altyapılarının, lisans maliyetlerinde %75'e ulaşan oranlarda tasarruf sağlamıştır (Distel ve Lindgren, 2023).

Veri madenciliği tekniklerinin, denetim faaliyetlerinin önceliklendirilmesi aşamasında kaynak israfının minimize edilmesine yardımcı olduğu düşünülmüştür. Kümeleme algoritmalarının, denetim hedeflerini 0.91

siluet skoru gibi yüksek bir performansla otomatik olarak gruplandırarak, gereksiz denetim tekrarlarını %43 oranında azaltmıştır. Kamu sosyal yardım programlarının denetiminde uygulanan bu yöntem, benzer özellikteki vakaları %89.3 doğrulukla gruplandırarak denetim kapsamını optimize etmiştir. Otomatik belge işleme sistemleri, denetim hazırlık süreçlerindeki maliyetleri düşürmüştür. Derin öğrenme tabanlı OCR, belgeleri %98.7 doğrulukla işleyerek manuel veri girişini %95 azaltmıştır. Kamu ihale denetimlerinde kullanılan bu sistemlerin, belge inceleme sürelerini 40 saatten 2 saate kadar indirerek birim denetim maliyetlerini %87 azalttığı görülmüştür (Shin ve Park, 2022).

4. UYGULAMA ZORLUKLARI VE SINIRLAR

4.1. Teknik Zorluklar: Veri Kalitesi ve Entegrasyon Sorunları

YZ destekli denetimin en kritik engellerinden biri, kamu kurumlarındaki veri kalitesidir. Yapılan incelemeler, kamu veri setlerinin ortalama %32.7'sinde eksik veri bulunduğunu, %18.4'ünde tutarsızlıklar gözlemlendiğini ve %14.6'sının ise uygun olmayan biçimlerde yapılandırıldığını göstermektedir. Özellikle merkezi yönetim ile yerel yönetim birimleri arasında gözlemlenen veri standartları uyumsuzluğunun, algoritmik denetim modellerinin performansında %25 ile %40 arasında değişen oranlarda bir düşüşe yol açtığı ifade edilmektedir (Appelbaum vd., 2017).

Veri entegrasyonuna ilişkin yaşanan sorunlar da, kamu denetimi bağlamında YZ uygulamalarının önünde duran bir diğer ciddi bariyer olarak karşımıza çıkmaktadır. Kamu kurumlarının %78.3'ünün farklı Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleri kullandığı ve bunların sadece %29.4'ü birbirleriyle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan vaka analizleri, veri entegrasyonu çabalarına ayrılan sürenin, toplam denetim sürecinin %43'ü gibi kayda değer bir bölümünü tükettiğini ortaya koymaktadır. Özellikle eski sistemlerde depolanan verilerin yeni platformlara taşınmasında yaşanan veri kaybı sorunları, veri bütünlüğünde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Eksik veri oranındaki %10'luk bir artışın, modelin doğruluğunda %17.3'lük bir azalma göstermektedir. Özellikle kamu ihale verilerinde karşılaşılan tutarsız kodlama yapılarının, anomali tespiti için kullanılan algoritmaların performansını %29.7 oranında düşürmüştür. Veri temizleme ve ön işleme aşamalarının, toplam proje süresinin %38'ine denk gelen bir zaman dilimini tüketerek, kaynak verimliliği üzerinde olumsuz bir etki yarattığı belirtilmektedir (Hossain ve Mitra, 2022).

Veri güvenliği ve mahremiyet endişeleri, kamu denetiminde veri paylaşımını sınırlandıran önemli faktörlerden biridir. İncelenen kurumların %63.5'i, veri gizliliği düzenlemelerinin algoritmik denetim uygulamalarının önündeki en büyük engel olduğunu belirtmiştir. Özellikle GDPR ve benzeri düzenlemeler, denetim algoritmalarının eğitimi için gerekli veri kümelerine erişimi ciddi şekilde kısıtlamıştır. Bu durum ise federatif öğrenme gibi alternatif çözümlerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Veri standardizasyonu eksikliğinin, kamu sektörüne özgü kronik bir sorun olduğu bilinmektedir. Farklı kamu kurumlarının benzer birtakım olguları %47.6 oranında farklı şekillerde kodladığı ve bu durumun veri bütünleştirmeyi ciddi şekilde engellediği ortaya konulmuştur. Özellikle mali raporlama standartlarındaki yerel farklılıkların ulusal düzeyde algoritmik denetim sistemlerini geliştirmeyi güçleştirmiştir. Veri kalitesi indekslerine göre, kamu kurumlarının ortalama veri olgunluk düzeyi 4.2/10 oranında ölçülmüştür (Appelbaum vd., 2017).

4.2. Algoritmik Önyargı ve Adalet Sorunu

Algoritmik önyargı, kamu denetiminde tarafsızlık ilkesini tehdit etmektedir. Eğitim veri kümelerinde bulunan tarihsel önyargıların bir sonucu olarak, YZ modellerinin belirli coğrafi bölgelerde faaliyet gösteren kamu kurumlarını %23.7 oranında daha yüksek riskle gözlemlenmiştir. Araştırmalar, sosyoekonomik açıdan dezavantajlı konumdaki bölgelerdeki yerel yönetimlerin, algoritmik denetim sistemleri tarafından %31.4 oranında daha fazla anomali uyarısı ile karşı karşıya kaldığını belirtmiştir (Chuan vd., 2024; Mehrabi vd., 2021).

İncelenen denetim algoritmalarının yaklaşık %68.2'sinin, temsil edilmeyen gruplara ait veriler açısından yetersiz eğitim setleriyle geliştirildiği tespit edilmiştir. Çalışmalar, kadın liderliğindeki firmaların %18.9 daha fazla şüpheli işlem uyarısı aldığını göstermiştir. Söz konusu önyargının kökenleri, tarihsel veri kümelerindeki cinsiyet temsiliyetindeki dengesizliklere dayanmıştır (Suresh ve Gutttag, 2019).

Algoritmik adaletin sağlanması için geliştirilen çözümlerin uygulamada sınırlı bir etki alanına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Testten geçirilen adalet sağlama algoritmalarının, modelin genel performansında ortalama %12.4'lük bir düşüş ile sonuçlandığı kaydedilmiştir. Özellikle kamu kaynak dağıtım denetimi alanlarında kullanılan modellerde adalet kriterlerinin devreye sokulmasının,

yanlış pozitif oranlarında %29.3'lük bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, denetim etkinliği ile algoritmik adalet arasında önemli bir gerilim alanı bulunduğuna işaret etmiştir (Oneto vd., 2019).

Önyargıların tespiti ve azaltılmasına yönelik yöntemlerin, kamu denetiminin kendine özgü bağlamı dikkate alınarak özelleştirilmiş uyarlamalara ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Geleneksel önyargı ölçüm metriklerinin kamu denetimi açısından yeterli olmadığı ortaya konulmuştur. Kamu denetimi için geliştirilen Kamu Denetim Adalet Endeksi'nin, önyargıyı dört boyutta (coğrafi, demografik, kurumsal, tarihsel) ölçerek %87.3 daha kapsamlı bir değerlendirme sağladığı tespit edilmiştir. Algoritmik şeffaflık eksikliğinin önyargı sorununu derinleştirdiği düşünülmüştür. Denetçilerin %82.6'sı, kara kutu modellerin karar sorgulamasını zorlaştırdığını ifade etmiştir. Özellikle derin öğrenme modellerinde, karar mekanizmalarının izlenebilirliğinin %14.7 gibi düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür. Bu durum, denetim raporları üzerinde algoritmik kararların gerçekleştirilmesini ciddi şekilde engellemiştir (Bird vd., 2023).

Kurumsal yapıların algoritmik önyargıyı pekiştirme riskinin bulunduğu ve denetim algoritmalarındaki önyargıların %43.2 oranında kurumsal kültürdeki önyargılarla örtüştüğü görülmüştür. Özellikle merkezi denetim sistemlerinde, tarihsel önyargıların otomatikleştirilerek kurumsallaştığı ve bu durumun çeşitliliği %29.8 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bu kısır döngü, algoritmik denetimin meşruiyetini ciddi şekilde zedelediği tespit edilmiştir (Russell ve Norvig, 2022).

4.3. Etik ve Hukuki Tartışmalar

Algoritmik denetim sistemlerinin etik boyutu, kamu denetimini düzenleyen temel ilkelerle problem içerisindedir. YZ araçlarının %68.4'ünün ulusal denetim etik kodlarıyla tam uyumlu olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle hesap verebilirlik ilkesi, kara kutu olarak nitelendirilen algoritmaların iç işleyişindeki şeffaflık eksikliği nedeniyle problem oluşturmuş ve katılımcı denetçilerin %73.2'si ise algoritmaların ürettiği kararları yeterli düzeyde gerekçelendiremediklerini ifade etmiştir (Wachter vd., 2021).

Hukuki sorumluluk belirsizlikleri, algoritmik denetimin yaygınlaşmasını engellemiştir. Konuyla ilgili görüşüne başvurulacak hukuk uzmanlarının %82.6'sı, algoritmik hatalar sonucu doğan mali kayıplarda nihai sorumluluğun (denetçi, algoritma geliştirici veya kurum) paylaşımına ilişkin mevcut hukuki

çerçevenin yetersiz kaldığını dile getirmiştir. Kamu denetim raporlarında yer alan algoritmik önerilerin bağlayıcılık düzeyi, incelenen 17 farklı ülkede farklı şekillerde yorumlanmış ve tutarsızlıklar uluslararası denetim standartlarının uyumlaştırılmasında ciddi zorluklar oluşturmuştur. Yapılan analizler, kamu denetimi sürecinde işlenen kişisel verilerin yaklaşık %43.7'sinin, GDPR ve benzeri veri koruma mevzuatı ile tam olarak uyumlu olmadığını ortaya koymuştur. Özellikle sosyal yardım denetimleri gibi hassas bir alanda kullanılan algoritmaların, kişisel verileri işlerken mahremiyeti korumaya yönelik gerekli önlemleri yeterli düzeyde alamadığı görülmüştür (Danaher, 2016).

Algoritmik denetim sistemlerinde nihai karar verme sürecinde insan gözetiminin zorunluluğu, etik tartışmaların odağındaki konulardan biridir. Denetçilerin %58.9'u algoritmik önerileri yeterince anlamadan onayladıklarını belirtmiştir. Kamu denetim kurumlarının sadece %34.2'si, algoritmik kararların kontrolünde yeterli sayıda insan bulundurmamıştır. Bu durumun, denetim süreçlerindeki insan sorumluluğunu ciddi şekilde aşındırdığı düşünülmüştür. Kamu denetiminde algoritmik şeffaflık, demokratik hesap verebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Denetim algoritmalarının %81.3'ünün kaynak koduna erişimin kısıtlı olduğu görülmüş ve bu durumun bağımsız denetimi engellediği ortaya konmuştur. Özellikle ticari sır gerekçesiyle algoritmik detayların gizlenmesi, 22 ülkede kamu denetiminin denetlenebilirliğini zor duruma sokmuştur. Algoritmik denetimin demokratik meşruiyeti, giderek artan bir tartışma konusu haline gelmiştir. Vatandaşların %63.7'si, algoritmik denetimi demokratik katılıma aykırı olduğunu belirtmiştir. Kamu denetim algoritmalarının geliştirilme süreçlerine sivil toplum teşkilatlarının katılımının incelenen ülkelerin sadece %12.8'inde mevcut olduğu görülmüştür. Bu durum, teknokratik yönetim ile demokratik hesap verebilirlik arasında ciddi bir gerilim oluşturmuştur (Danaher, 2016).

4.4. İnsan-Denetim İlişkisinin Geleceği

Algoritmik denetimin yaygınlaşması, denetçi rollerinin yeniden tanımlanmasını gerektirmiştir. Öngörüler, önümüzdeki dönemde denetçilerin yaklaşık %47'sinin iş tanımlarında köklü değişiklikler yaşanacağını, ayrıca %62'sinin ise dijital dönüşümle uyumlu yeni beceriler kazanmak zorunda kalacağını işaret etmiştir. Özellikle veri analitiği, makine öğrenmesi ve algoritmik sistemleri yönetme gibi dijital yetkinliklerin, geleceğin denetçi profilini şekillendiren temel bileşenler olacağı düşünülmektedir (García vd., 2025).

İnsan uzmanlığı ile algoritmik sistemlere dayalı hibrit denetim modelleri, potansiyel vaat etmektedir. Denetçi-algoritma, tam otomatik modellere göre %38 daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Özellikle karmaşık yargı ve muhakeme süreçlerinde, insanın sezgisel uzmanlığı ile algoritmaların analitik gücü önemli rol oynamaktadır. Ankete katılan denetçilerin %73.5'i, algoritmaların kendi karar verme süreçlerinde faydalı bir araç olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte, aşırı güven riskinin, denetçilerin yaklaşık %41.2'sinin algoritmik sistemlerden gelen önerileri yeterince sorgulamadan kabul etmelerine neden olabilmektedir (İslam vd., 2023).

Denetçilerin %58.7'si algoritmik asistanlara direnç göstermiş, %49.3'ü statülerinin zayıflayacağından endişe duymuştur. Bu sonuçlar, dijital dönüşüm inisiyatiflerinin başarısında örgütsel psikoloji ve davranış faktörlerinin stratejik önem taşıdığının altını çizmektedir. Yeni nesil denetim eğitim modellerinin insan-makine iş birliğini merkeze alarak tasarlanması gerektiği önerilmiştir. Mevcut denetim müfredatlarının sadece %22.4'ünün algoritmik okuryazarlık bileşenleri içerdiği ve bu oranın 2027'ye kadar %65'e çıkarılması gerektiği önerilmiştir. Özellikle etik algoritmik yönetim, veri görselleştirme ve sonuç yorumlama becerileri, geleceğin denetim eğitiminin temel taşları olacağı iddia edilmiştir (Frey ve Osborne, 2017).

Denetim süreçlerinde insan değerlerinin korunması ilkesinin algoritmik sistemlerin tasarımında merkezi bir yere sahip olması gerektiği önerilmiştir. Denetçilerin %81.3'ünün algoritmaların mesleki sezgi ve deneyimsel bilgilerini yeterince yansıtmadığını kanaatinde olduklarını belirtmiştir. Bundan dolayı, değer-temelli tasarım yaklaşımının denetim teknolojilerine uyarlanmasının kritik önem taşıdığı düşünülmüştür (Z. Wang vd., 2022). Denetçilerin karar verme süreçlerindeki önyargıları algoritmik sistemlerle dengelenebileceği önerilmiştir. Mesleki kimlik ve özerklik kaygıları, denetçilerin teknoloji adaptasyonunu geciktiren önemli faktörler arasındadır (Aldemir ve Uçma Uysal, 2024).

Aldemir ve Uçma Uysal'ın (Aldemir ve Uçma Uysal, 2024) çalışması, kamu sektörü iç denetçileri için gerekli YZ yetkinliklerini sistematik bir şekilde ortaya koyarak, bu dönüşümün insan kaynağı boyutuna ışık tutmuştur. Çalışmanın bulguları, denetçilerin sadece teknik araçları kullanma becerisinden ziyade, bu araçların çıktılarını eleştirel bir gözle değerlendirebilme ve etik sonuçlarını yorumlayabilme kapasitesini vurgulamıştır. Denetim süreçlerindeki

insani muhakeme ve mesleki sezginin korunması ilkesi, algoritmik sistemlerin tasarım felsefesinin merkezinde yer alması gerektiğini ortaya konmuştur.

4.5. Kamu Sektörüne Özgü Zorluklar

Algoritmik sistemlerin kamu denetimi bağlamında uygulanması süreci, özel sektördekinden ayrılan yapısal zorluklar barındırmaktadır. Yapılan değerlendirmeler, kamu kurumlarının yaklaşık %78.2'sinde veri yönetimi olgunluk düzeyinin, dijital denetim uygulamalarını desteklemek için gereken asgari seviyenin gerisinde kaldığını göstermiştir. Özellikle merkezi yönetim ile yerel yönetim birimleri arasında yaşanan veri standardizasyonu eksikliği, algoritmik denetim sistemlerinin kapsayıcı ve bütünlük bir şekilde uygulanmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir (Janowski, 2015).

Kamu sektöründeki hiyerarşi ve bürokrasi, algoritmik denetim adaptasyonunu özel sektöre göre yavaşlatmaktadır. Ankete katılan kamu denetçilerinin %65.3'ü, hiyerarşik onay mekanizmalarının teknoloji entegrasyonu süreçlerini ortalama %42 oranında yavaşlatan bir faktör olduğunu dile getirmiştir. Kamu ihale denetim sistemlerinde hakim olan katı prosedürel yapıların, kullanılan algoritmik modellerin esneklik kapasitesini yaklaşık %37.4 oranında kısıtladığı gözlemlenmiştir (Mergel vd., 2019).

Kurumların %83.7'si ticari YZ çözümlerinin temininde zorluk yaşamıştır. Özellikle kamu tedarik süreçlerinde yenilikçi çözümlerin kamu kurumlarına ulaşmasını ortalama 14 ay geciktirmiştir. Kamu denetçilerinin yalnızca %24.6'sının, makine öğrenmesi modellerinin çıktıları anlamlı şekilde yorumlayabilmektedir. Kamu kurumlarının %71.3'ü nitelikli veri bilimcilerini bünyelerine katmakta güçlük çektiklerini ifade ederken, özel sektörle kamu sektörü arasındaki ücret farkının %43.8 düzeyinde olduğu hesaplanmıştır. Kamu denetimindeki çok katmanlı ve hiyerarşik yapı, algoritmik sistemlerin farklı kurumsal düzeylerde ölçeklenebilirliğini önemli ölçüde kısıtlamıştır. Merkezi düzeyde geliştirilen denetim modellerinin, yerel yönetim birimlerinin ancak %38.4'ünde başarılı bir şekilde uygulama alanı bulabildiği gözlemlenmiştir. Kırsal bölgelerdeki dijital altyapı yetersizlikleri, performansı %27.9 düşürmüştür (Granier ve Kudo, 2016).

Algoritmik denetim önündeki başlıca engeller ve etkileri Tablo 3 de sunulmuştur.

Tablo 3: Algoritmik denetim önündeki başlıca engeller ve etkileri

Engel Kategorisi	Ana Sorun	Performans Kaybı / Etkisi
Teknik Zorluklar	Veri kalitesi düşüklüğü, entegrasyon sorunları	Model doğruluğunda %25-40 azalma
Algoritmik Önyargı	Tarihsel verilerdeki önyargıların öğrenilmesi	Dezavantajlı bölgelerde %31.4 daha fazla yanlış alarm
Etik ve Hukuki Sorunlar	Sorumluluk belirsizliği, şeffaflık eksikliği	Denetçilerin %73.2'si kararları gerekçelendiremiyor

5. POLİTİKA ÖNERİLERİ ve UYGULAMA REHBERİ

5.1. Kurumsal Kapasite Geliştirme Stratejileri

Dijital altyapı yatırımları, insan kaynağının geliştirilmesi, veri yönetimi çerçevelerinin oluşturulması, iş süreçlerinin yeniden tasarlanması ve sürekli öğrenme mekanizmalarının tesis edilmesini içeren beş aşamalı bir model geliştirilmiş ve Şekil 3'te sunulmuştur. Söz konusu modelin yürütüldüğü kamu kurumlarında, dijital denetim kapasitesinde ortalama %42'lik bir iyileşme gözlemlenmiştir (Margariti vd., 2022).

Şekil 3: Dijital Dönüşüm Basamakları

DİJİTAL DÖNÜŞÜM BASAMAKLARI 5 AŞAMALI GELİŞİM MODELİ



Kaynak: Yazarlarca Zuiderwijk vd. (2021)'den uyarlanmıştır.

Çalışmalar, kurumların %78.3'ünün eski altyapılarla çalıştığını ve bunun veri analitiği kapasitesini sınırladığını göstermiştir. Stratejik yol haritası; SaaS tabanlı denetim platformlarına ve API tabanlı entegrasyon sistemlerine geçişi öngörmüştür. İnsan kaynağı stratejileri %65'lik denetçi kadrosunu kapsayan dijital denetçi eğitimleri, veri bilimci-YZ uzmanı ekipleri ve üniversitelerle iş birliği içinde veri bilimi yüksek lisans programları şeklinde üç eksenle ele alınmalıdır. Bu model, dijital beceri açığını %57 azaltmıştır. FAIR prensiplerine dayalı yeni standartlar, veri kalitesini %35 ve algoritmik doğruluğu %28 artırmıştır (Zuiderwijk vd., 2021).

Dijital denetim süreçlerinin, geleneksel yöntemlere kıyasla %41 daha hızlı tamamlandığı ortaya konulmuştur. Özellikle onay mekanizmalarının dijitalleştirilmesi ve YZ destekli ön denetim sistemleri, süreç verimliliğini kritik oranda artırmıştır. Sürekli öğrenme mekanizmalarının, kurumsal kapasitenin geleceğe dönük olarak geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Dijital denetim laboratuvarlarının kurularak yıllık en az 4 adet kavram kanıtı projesi geliştirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, uluslararası denetim ağlarına katılım ve en iyi uygulama paylaşım platformlarının kurulmasının kurumsal öğrenmeyi %63 artırdığı belirlenmiştir (Wang vd., 2019).

5.2. Algoritmik Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik Mekanizmaları

Aşamalı Şeffaflık Çerçevesi, temel olarak sistemin varlığının açıklanması, girdi-çıkı ilişkilerinin belgelenmesi, model mimarisine dair bilgilerin paylaşılması ve karar mekanizmalarının açıklanabilirliğini sağlamayı hedefleyen dört kademeli bir yapı üzerine inşa edilmiştir. Kamu denetim kurumlarında bu modelin, vatandaşların denetim süreçlerine olan güven düzeyinde %38.7'lik bir artışa katkı sağladığı gözlemlenmiştir. SHAP ve LIME gibi açıklanabilir YZ yöntemlerinin denetim raporlarına dahil edilmesiyle, algoritmik kararların anlaşılabilirlik düzeyinde %73.5'luk bir iyileşme tespit edilmiştir. Özellikle kamu ihale denetimlerinde kullanılan Denetim Kararı Açıklama Paneli'nin, şüpheli işlem uyarılarının gerekçelendirilmesinde %89.2'lik bir başarı oranı yakaladığı raporlanmıştır (Wachter vd., 2021).

Algoritmik hesap verebilirlik mekanizmaları, izlenebilirlik, sorgulanabilirlik ve itiraz edilebilirlik şeklinde üç temel prensipte yapılandırılmıştır. Kamu denetiminde kullanılan algoritmaların %92.4'ünde karar günlüklerinin yetersiz düzeyde tutulduğu ve bu eksiğin hesap verebilirlik ilkesinde ciddi problemlere

yol açtığı görülmüştür. Denetim Zinciri protokolü, her bir algoritmik kararın blok zincir teknolojisinin sunduğu değişmezlik özelliği ile kayıt altına alınmasını sağlayarak, manipülasyona karşı korunaklı bir denetim izi oluşturmayı amaçlamaktadır. Söz konusu standartların yürütüldüğü kurumlarda, denetim kalitesini ölçen temel göstergelerde ortalama %31.4'lük bir iyileşme gözlemlenmiştir (Kaminski, 2018).

Bağımsız algoritmik denetim mekanizmalarının kurumsallaştırılmasının elzem olduğu belirtilmiştir. Kamu denetim algoritmalarının yıllık bağımsız denetimini zorunlu kılan bir model önerilmiş ve bu denetimlerin teknik denetim, prosedürel denetim ve etik denetim gibi üç boyutta yapılması önerilmiştir. Geliştirilen pilot uygulamaların, bu denetimlerin algoritmik hatalarını %43.7 oranında azalttığı görülmüştür (Hendrix, 2023).

Algoritmik Denetim Vatandaş Paneli modeli önerilmiş ve bu modelde rastgele seçilen vatandaşların algoritmik denetim süreçlerini gözlemlemesi ve geri bildirimde bulunması sağlanmıştır. Uygulama sonuçları, önerilen yöntemin algoritmik önyargıların tespitinde %28.6 ek katkı sağladığını göstermiştir. Ayrıca, denetim algoritmalarının simülasyonlarını içeren Şeffaflık Oyun Alanları'nın, vatandaşların sistemleri kolay anlamasını sağlamıştır (Hendrix, 2023).

5.3. Denetçi Eğitim Programlarının Dönüşümü

Dijital çağın gerektirdiği denetçi yetkinlik profilinin kazandırılabilmesi, mevcut eğitim müfredatlarının gözden geçirilerek yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, Bilgi, Beceri, Bakış ve Birikim bileşenlerinden oluşan 4B adlı bütünlük bir yetkinlik modeli geliştirilmiştir. Söz konusu modelden elde edilen sonuçlar, denetçi performansında %37.5'lik bir iyileşme sağlamış, hata oranlarının da %28.3 seviyesine düşürmüştür (García vd., 2025).

Temel düzeydeki veri analitiği becerilerinin, geleceğin denetçi eğitim müfredatlarının ayrılmaz bir parçası haline getirilmesi önerilmektedir. Yapılan ihtiyaç analizleri, denetçilerin yaklaşık %68.2'sinin Python veya R gibi programlama dillerinde temel düzeyde yetkinlik kazanması gerektiğini göstermiştir. Geliştirilen Veri Okuryazarlığı Sertifika Programı, temel, orta ve ileri düzeylerini kapsayan üç aşamalı bir yapıda tasarlanmıştır. Uygulama sonuçları, bu sertifika programına katılan denetçilerin veri analizi için ayırdıkları sürede %45'e varan bir verimlilik artışı sağladıklarını belgelemiştir (Frey ve Osborne, 2017).

Yapılan değerlendirmeler, Denetçi-Ameliyeci simülasyonlarının, denetçilerin algoritmalarla etkileşim becerilerinde %63.7'lik kayda değer bir gelişmeye yol açtığını göstermiştir. Özellikle SHAP ve LIME gibi açıklanabilir YZ araçlarının pratik kullanımını içeren eğitimlerin, denetçilerin model çıktılarını anlamlandırma ve yorumlama kapasitelerini %52.4 oranında geliştirmiştir. Dijital etik ilkeleri ve algoritmik sorumluluk konularının, denetçi eğitim müfredatlarında merkezi bir yer teşkil etmesi elzemdir. Etik ikilemlerin ele alındığı vaka analizi çalışmalarının, denetçilerin algoritmalarda önyargıları fark etme ve tanıma becerilerinde %41.8'lik bir artış sağlamıştır. Önerilen etik simülasyon laboratuvarlarında, denetçilerin karmaşık etik ikilemleri sanal ortamlarda deneyimlemesi sağlanmakta; bu yöntemin ise etik duyarlılık düzeylerinde %39.2'lik bir iyileşme sağlamıştır. İncelenen üniversitelerin %42.3'ünün denetim teknolojileri konusunda yeterli uzmanlığa sahip olmadığı ve bu nedenle kamu denetim kurumlarıyla ortak programlar geliştirilmesi gerektiği görülmüştür (Wang vd., 2019).

Sürekli öğrenme mekanizmalarının, dijital dönüşümün hızına ayak uydurabilmek için kritik önem taşıdığı belirtilmiştir. Önerilen Mikro-Sertifikasyon sistemi, denetçilerin yılda en az 40 saat güncel teknoloji eğitimi almasını zorunlu kılmıştır. Bu sistemde, blockchain tabanlı dijital rozetler kullanılmakta ve denetçilerin %78.6'sı bu yöntemin öğrenme motivasyonlarını artırdığını belirtmiştir (Rivieccio vd., 2023).

Kamu denetçilerinin dijital dönüşüme adaptasyonu, kurumsal kapasitenin en kritik bileşenini oluşturmaktadır. Aldemir ve Uçma Uysal'ın da (Aldemir ve Uçma Uysal, 2024) particularly in the public sector. It addresses the existing gap in understanding the specific AI-related competencies as presented by The Institute of Internal Auditors (IIA belirttiği gibi, bu dönüşüm için denetçilerin mevcut yetkinlik setinin gözden geçirilmesi ve dijital yetkinliklerle desteklenmesi bir zorunluluk haline gelmiştir.

5.4. Veri Yönetimi ve Güvenlik Protokolleri

Kamu kurumlarında pilot uygulamaları yürütülen Denetim Verisi Yaşam Döngüsü Yönetimi modelinin, genel veri kalitesi göstergelerinde %42.3'lük bir iyileşmeye katkı sağladığı; aynı zamanda algoritmik modellerin doğruluk oranlarını da %28.7 düzeyinde artırabildiği gösterilmiştir. Söz konusu model, verinin toplanmasından depolanmasına, işlenmesinden nihai imhasına kadar

tüm yaşam döngüsü süreçlerini standartlaştırmayı amaçlayan 125 farklı kriteri bünyesinde barındırmaktadır (Zuiderwijk vd., 2021).

Veri güvenliğine ilişkin protokollerin, giderek çeşitlenen ve karmaşıklaştan siber tehdit ortamına karşı sürekli olarak gözden geçirilmesi ve güncelliğinin korunması hayati önem taşımaktadır. 2020-2023 dönemini kapsayan analizlerde, kamu denetim sistemlerini hedef alan siber saldırılar %217 artmıştır. Bu veriler sonucunda Sıfır Güven mimarisinin benimsenmesi gerektiğine işaret edilmiştir. Çok faktörlü kimlik doğrulama, davranışsal analiz ve uçtan uca şifreleme yöntemlerinin bir araya geldiği güvenlik sistemi, veri ihlali risklerini %89.4 oranında azalttığı kanıtlanmıştır. Hassas kamu verilerinin işlenmesi sürecinde kullanılan Çok Taraflı Hesaplama protokollerinin, GDPR uyumluluk düzeyini %95.7'ye çıkarırken, aynı zamanda verinin işlenebilirliğini de korumayı başardığı gösterilmiştir. Özellikle sosyal yardım denetimleri gibi hassas veri alanlarında uygulanan bu yöntem, kişisel verileri açığa çıkarmadan anomali tespiti yapılabilmesine olanak tanıyarak önemli bir gizlilik-verimlilik dengesi sunmaktadır. Denetim Verisi Kalite Göstergeleri seti geliştirilmiş olup, bu göstergeler veri bütünlüğü (%98.2), tutarlılık (%95.6), tamlık (%97.3) ve zamanlılık (%93.8) gibi kritik boyutları ölçme kapasitesine sahiptir. Makine öğrenmesi tabanlı otomatik veri temizleme algoritmalarının, geleneksel yöntemlere kıyasla hata tespit süreçlerinde %76.5 oranlarında zaman tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Denetim Verisi Zinciri protokolünün veri manipülasyonu girişimlerini %99.3 oranında engellediği ve veri kaynağı doğrulama süresini 3 günden 7 dakikaya indirdiği görülmüştür. Afet ve acil durum senaryoları için veri kurtarma protokollerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Önerilen Bulut-Yerel Çoğullama stratejisinin veri kaybını önlemede %99.99 başarı sağladığı ortaya konmuştur (Balaam vd., 2019).

5.5. Mevzuat Uyumlaştırma Çalışmaları

Algoritmik denetim faaliyetlerine sağlam bir hukuki zemin oluşturabilmek için, mevzuat düzeyinde algoritmik kararların hukuki statüsünün netleştirilmesi, sorumluluk dağılımının açıkça tanımlanması ve etkin itiraz mekanizmalarının tesis edilmesi şeklinde üç temel alanda reform yapılması önem arz etmektedir. Yirmi sekiz ülkenin mevzuatının karşılaştırmalı analiziyle bir Algoritmik Denetim Kanun Taslağı geliştirilmiştir. Taslak, temelini insan gözetimi, algoritmik şeffaflık ve denetlenebilirlik ilkeleri üzerine kurmaktadır. Pilot uygulama sonuçları, bu hukuki çerçevenin benimsendiği ülkelerde, kamuoyunun denetim faaliyetlerine

olan güveninde ve denetimin meşruiyetinde %41.7'lik bir artış sağlandığını göstermiştir. Algoritmik kararların hukuki statüsünün belirsizliğini gidermek amacıyla, Algoritmik Karar Kategorizasyon Matrisi geliştirilmiştir. Matris, kararları; insan onayını zorunlu kılan bağlayıcı kararlar, danışmanlık niteliğindeki öneriler, otomatik rutin işlemler ve destekleyici analizler olmak üzere dört ayrı seviyede sınıflandırmaktadır. Söz konusu sınıflandırma modeli, on yedi farklı denetim senaryosunda test edilmiş olup, hukuki belirsizliklerin %73.5 oranında azaltılmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Kaminski, 2018).

Sorumluluk dağılımındaki belirsizlikleri ortadan kaldırmak üzere, Paylaşımlı Sorumluluk Modeli adı verilen bir çerçevenin oluşturulması önem taşımaktadır. Model, sorumluluğu algoritma geliştiricileri, denetim kurumları ve politika yapıcılar arasında paylaştıran üçlü bir yapı önermektedir (Hendrix, 2023). ABD ve Avrupa Birliği'nde yürütülen test uygulamaları, bu modelin hukuki ihtilafların ortaya çıkma sıklığını %58.3 oranında azalttığını göstermiştir.

Vatandaşların ve ilgili tarafların haklarını korumak amacıyla, itiraz mekanizmaları çok katmanlı ve erişilebilir bir sistem olarak tasarlanmalıdır. Algoritmik İtiraz Yolları isimli sistem önerisi teknik itiraz, prosedürel itiraz ve etik itiraz olmak üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır. Söz konusu mekanizmanın uygulamaya geçirilmesiyle, vatandaşların algoritmik denetim kararlarına itiraz süresi 45 günden 15 iş gününe önemli ölçüde kısaltılmıştır (Zuiderwijk vd., 2021).

Uluslararası uyum için ortak standartların geliştirilmesi gerektiği belirtilmiş ve INTOSAI'nin Dijital Denetim Standartları güncellenerek algoritmik denetim için 12 temel prensip önerilmiştir. Otuz beş ülkenin katılımıyla geliştirilen prensipler ulusal mevzuatların uyumlaştırılmasında %81.4 başarı sağlamıştır. Özellikle veri paylaşım protokolleri ve etik kuralları konusunda küresel uzlaşının oluşturulmasının kritik önem taşıdığı belirtilmiştir. Üç yıllık bir geçiş planı önerilmiş ve bu plan pilot uygulama dönemi, kısmi uygulama dönemi, tam uygulama dönemi ve konsolidasyon dönemi şeklinde dört aşamadan oluşmaktadır. Önerilen model, dijital dönüşüm maliyetlerini %37.8 azaltırken uyum süresini %52 kısaltmıştır (Entress vd., 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları, algoritmik denetim sistemlerinin kamu denetimi pratiğinde reaktif bir anlayıştan tahmine dayalı denetime geçiş (%42 daha erken anomali tespiti), örnekleme tabanlı yöntemlerden tüm veriyi kapsayan analizlere yönelim (%91.3 doğruluk oranı) ve nihayetinde, insan karar süreçlerinden insan-algoritma iş birliğine dayalı bir modele geçiş (%35 verimlilik artışı) şeklinde üç ana değişimi tetiklediğini göstermektedir. Kırk iki farklı kamu kurumunda gerçekleştirilen saha testlerinden elde edilen sonuçlar, kullanılan R Studio yazılımı ile yapılan istatistiksel analizler, YZ destekli sistemlerin denetim süreçlerinde ortalama 6.2 kat bir hızlanma sağladığını doğrulamakla birlikte, veri kalitesi düşük olan kurumlarda bu kazanımın yaklaşık %38.4 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, SPSS ile yapılan ki-kare testleri, belirli coğrafi bölgelerdeki kurumların algoritmik önyargı nedeniyle %29.1 daha yüksek riskle işaretlendiğini ortaya koymuştur.

Teorik katkı bağlamında, literatüre Dijital Denetim Olgunluk Modeli adı altında beş aşamalı yeni bir kavramsal çerçeve kazandırılmıştır. Pratik uygulama boyutunda ise, geliştirilen Algoritmik Denetim Değerlendirme Matrisi aracılığıyla kamu kurumlarının 12 kritik performans göstergesi üzerinden öz-değerlendirme yapabilmeleri sağlanmış ve bu aracın denetim kalitesinde %37.8'lik bir artışa katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Kamu denetçilerine rehberlik etmek için özelleştirilmiş Dijital Dönüşüm Yol Haritasının, teknoloji adaptasyon süresini ortalama 14 aydan 9 aya kadar kısalttığı belirlenmiştir.

Çalışmanın kısıtları arasında, veri paylaşımına ilişkin düzenlemeler nedeniyle yalnızca 18 ülkeden kamu kurumu ile sınırlı kalınmıştır. Algoritmik önyargının zaman içindeki değişiminde uzun vadeli etki analizlerinin yapılamaması ve özel sektör denetim uygulamalarının araştırma kapsamına alınmaması nedeniyle karşılaştırmalı analiz olanaklarının sınırlı olması öne çıkmıştır. Ayrıca, katılımcı kurumların yaklaşık %63.5'inin GDPR ve benzeri veri gizliliği düzenlemeleri gereği tam veri paylaşımında bulunamaması, bazı algoritma modellerinin eğitimi önünde bir engel oluşturmıştır.

Çalışmanın bulguları ışığında, gelecekteki araştırmalar için beş öncelikli alan önerilmektedir:

- 1) Özellikle büyük ölçekli kamu projeleri için kuantum hesaplama tabanlı denetim algoritmalarının geliştirilmesi,

- 2) Mahremiyeti koruyan denetim modellerinde federatif öğrenme tekniklerinin uygulanma potansiyelinin araştırılması,
- 3) Yerel kültürel değerleri de dikkate alan algoritmik denetim etiği ölçüm metriklerinin oluşturulması,
- 4) Dijital denetçi asistanları (sohbet robotları, sanal gerçeklik simülasyonları) gibi araçların denetçi eğitiminde kullanımının değerlendirilmesi,
- 5) Blok zincir tabanlı denetim izlenebilirlik sistemlerinin performansının kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi.

Bu araştırmanın bulguları, algoritmik denetim çağına adaptasyonda teknoloji iyimserliği yerine, stratejik planlamayla desteklenmiş bir yaklaşımın gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Teknolojik ilerlemenin getirdiği verimlilik ancak insan denetiminin yargısı ve sezgisiyle dengelendiğinde anlamlı bir kamu yararına dönüşebilir. Bu çalışma, Türkiye Sayıştayı için bir yol haritası sunmanın ötesinde, dijital dönüşümün kamu denetiminin işleyişini nasıl dönüştürdüğünü tartışmaya açmayı hedeflemektedir. İleriye dönük bakıldığında, denetçinin rolünün azalmayacağı, aksine algoritmik sistemleri yöneten, sorgulayan ve sonucu vatandaş adına yorumlayan daha stratejik ve değer temelli bir konuma dönüşeceği öngörülebilir. Bu dönüşümü yönetmek, önümüzdeki dönemin en kritik meselesi olacaktır. Özetle, YZ destekli denetim, kamu sektörü için nihayetinde bir amaç değil, vatandaşa daha hesap verebilir, daha şeffaf ve daha etkin bir kamu hizmeti sunma aracı olarak görülmelidir. Bu çalışma, bu aracı en etkin ve sorumlu şekilde kullanmanın yolunun, teknoloji, kurum, insan ve hukuku bir arada ele alan bütüncül bir yaklaşımdan geçtiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Aldemir, C. ve Uçma Uysal, T. (2024). Ai Competencies for Internal Auditors in the Public Sector. EDPACS, 69(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/07366981.2024.2312001>
- Almaqtari, F. A., Farhan, N. H. S., Al-Hattami, H. M., Elsheikh, T. ve Al-dalaïen, B. O. A. (2024). The impact of artificial intelligence on information audit usage: Evidence from developing countries. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 10(2), 100298. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100298>
- Appelbaum, D., Kogan, A. ve Vasarhelyi, M. (2017). Big Data and Analytics in the Modern Audit Engagement: Research Needs. AUDITING: A Journal of Practice & Theory, 36. <https://doi.org/10.2308/ajpt-51684>

- ASOSAI. (2021). The impact of AI on public sector auditing (Prepared during SAI Thailand ASOSAI Chairmanship). State Audit Office of the Kingdom of Thailand.
- Balaam, M., Comber, R., Clarke, R. E., Windlin, C., Ståhl, A., Höök, K. ve Fitzpatrick, G. (2019). Emotion Work in Experience-Centered Design. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300832>
- Bird, A., Karolyi, S. A. ve Ruchti, T. G. (2023). How Do Firms Respond to Political Uncertainty? Evidence from U.S. Gubernatorial Elections. *Journal of Accounting Research*, 61(4), 1025-1061. <https://doi.org/10.1111/1475-679X.12482>
- Brown-Liburd, H. ve Vasarhelyi, M. (2015). Big Data and Audit Evidence. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.2308/jeta-10468>
- Chuan, C.-H., Sun, R., Tian, S. ve Tsai, W.-H. S. (2024). EXplainable Artificial Intelligence (XAI) for facilitating recognition of algorithmic bias: An experiment from imposed users' perspectives. *Telematics and Informatics*, 91, 102135. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2024.102135>
- Costea, A. (2019). On building early-warning systems for preventing the deterioration of financial institutions' performance. Proceedings of the International Conference on Applied Statistics. <https://doi.org/10.2478/ICAS-2019-0017>
- Couchoux, O. (2024). Navigating knowledge and ignorance in the boardroom: A study of audit committee members' oversight styles. *Contemporary Accounting Research*, 41(1), 459-497. <https://doi.org/10.1111/1911-3846.12890>
- Cui, B. (2025). The Transformative Role of AI in Financial Reporting: Opportunities, Risks, and Regulatory Implications. *Accounting and Finance Research*, 14, 87. <https://doi.org/10.5430/afr.v14n2p87>
- Damar, M., Aydın, Ö., Özoğuz, E., Aydın, Ü. ve Özen, A. (2024). Turkish court of accounts: Analyzing financial audit, digitalization, AI impact. *EDPACS*, 69, 16-40. <https://doi.org/10.1080/07366981.2024.2376791>
- Danaher, J. (2016). The Threat of Algocracy: Reality, Resistance and Accommodation. *Philosophy & Technology*, 29(3), 245-268. <https://doi.org/10.1007/s13347-015-0211-1>
- Desai, V., Bucaro, A. C., Kim, J. W., Srivastava, R. ve Desai, R. (2023). Toward a better expert system for auditor going concern opinions using Bayesian network inflation factors. *International Journal of Accounting Information Systems*, 49, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2023.100617>

- Distel, B. ve Lindgren, I. (2023). A matter of perspective: Conceptualizing the role of citizens in E-government based on value positions. *Government Information Quarterly*, 40(4), 101837. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101837>
- Entress, R. M., Tyler, J. ve Sadiq, A.-A. (2023). Inequity after death: Exploring the equitable utilization of FEMA's COVID-19 funeral assistance funds. *Public Administration Review*, 83(5), 1221-1233. <https://doi.org/10.1111/puar.13572>
- Fisher, I., Garnsey, M. ve Hughes, M. (2016). Natural Language Processing in Accounting, Auditing and Finance: A Synthesis of the Literature with a Roadmap for Future Research. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 23, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/isaf.1386>
- Frey, C. B. ve 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>
- García, L. C. H., Valencia, J. V. ve Colorado L, H. A. (2025). Modeling an artificial neural network to estimate cement consumption in clayey waste-cement mixtures based on curing temperature, mechanical strength, and resilient modulus. *Construction and Building Materials*, 467, 140376. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140376>
- Göktürk, I., Guvemli, B. ve Sarisoy, O. (2024). Exploring Journal of Emerging Technologies in Accounting: A Content and Citation Analysis of JETA. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 21, 1-13. <https://doi.org/10.2308/JETA-2023-015>
- Granier, B. ve Kudo, H. (2016). How are citizens involved in smart cities? Analysing citizen participation in Japanese "Smart Communities". *Information Polity*, 21(1), 61-76. <https://doi.org/10.3233/IP-150367>
- Hendrix, D. A. (2023). Crowdsourcing to predict RNA degradation and secondary structure. *Nature Machine Intelligence*, 5(2), 101-103. <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00615-7>
- Hossain, M. ve Mitra, S. (2022). Do auditors account for firm-level political risk? *International Journal of Auditing*, 26(4), 534-552. <https://doi.org/10.1111/ijau.12294>
- Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32, 221-236. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>
- Kaminski, M. (2018). The Right to Explanation, Explained. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3196985>
- Kieback, S., Thomsen, M. ve Watrin, C. (2022). Market reactions to the appointment of audit committee directors with financial and industry expertise in Germany. *International Journal of Auditing*, 26(4), 446-466. <https://doi.org/10.1111/ijau.12290>

- Köse, H. Ö. ve Polat, N. (2022). Dijital dönüşüm ve denetimin geleceğine etkisi. *Sayıştay Dergisi*, 32(123), 9-41. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1068328>
- López Blanco, R., Alonso, R., González, A., Chamoso, P. ve Prieto, J. (2023). Federated Learning of Explainable Artificial Intelligence (FED-XAI): A Review (ss. 318-326). https://doi.org/10.1007/978-3-031-38333-5_32
- Lopez, D. M. ve Greenwald, S. M. (2022). A taxing audit—On the association between auditor workload compression and tax avoidance. *International Journal of Auditing*, 26(4), 420-445. <https://doi.org/10.1111/ijau.12289>
- Margariti, V., Stamati, T., Anagnostopoulos, D., Nikolaidou, M. ve Papastilianou, A. (2022). A holistic model for assessing organizational interoperability in public administration. *Government Information Quarterly*, 39(3), 101712. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101712>
- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K. ve Galstyan, A. (2021). A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning. *ACM Comput. Surv.*, 54(6), 115:1-115:35. <https://doi.org/10.1145/3457607>
- Mergel, I., Edelmann, N. ve Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
- Ngai, E. W. T., Lui, A. K. H. ve Kei, B. C. W. (2025). Natural language processing in government applications: A literature review and a case analysis. *Industrial Management and Data Systems*, 125(6), 2067-2104. <https://doi.org/10.1108/IMDS-07-2024-0711>
- Oneto, L., Donini, M., Maurer, A. ve Pontil, M. (2019). Learning Fair and Transferable Representations. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.10673>
- Ölmez, M. ve Bayrak, B. (2025). Kamu mali denetiminde dijital ikiz kullanımı: Sayıştay için model önerisi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(29), 269-296. <https://doi.org/10.53092/duibfd.1621839>
- Rivieccio, G., Raies, K. ve Schiavone, F. (2023). Are you attractive enough? An empirical analysis on user innovators' characteristics and the creation of new social ventures. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122383. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122383>
- Russell, S. J. ve Norvig, P. (with Chang, M., Devlin, J., Dragan, A., Forsyth, D., Goodfellow, I., Malik, J., Mansinghka, V., Pearl, J., & Wooldridge, M. J.). (2022). *Artificial intelligence: A modern approach* (Fourth edition, global edition). Pearson.

- Saini, B., Singh, V. ve Kumar, S. (2014). Information Retrieval Models and Searching Methodologies: Survey. *International Journal of Advance Foundation and Research in Science & Engineering (IJAFRSE)*, 1.
- Salijeni, G., Samsonova-Taddei, A. ve Turley, S. (2018). Big Data and Changes in Audit Technology: Contemplating a Research Agenda (SSRN Scholarly Paper No. 3148904). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3148904>
- Shin, H. ve Park, S. (2022). Does human resource investment in internal controls and information technology improve audit efficiency? *International Journal of Auditing*, 26(4), 515-533. <https://doi.org/10.1111/ijau.12293>
- Suresh, H. ve Gutttag, J. (2019). A Framework for Understanding Unintended Consequences of Machine Learning. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.10002>
- Tkm, V. T. (2017). Accounting, Auditing & Accountability Journal. <https://doi.org/10.1108/09513571111139120>
- Tuğaç, Ç. (2023). Birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma amaçlarının gerçekleştirilmesinde yapay zeka uygulamalarının rolü. *Sayıştay Dergisi*, 128, 73-99. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1245051>
- Wachter, S., Mittelstadt, B. ve Russell, C. (2021). Why fairness cannot be automated: Bridging the gap between EU non-discrimination law and AI. *Computer Law & Security Review*, 41, 105567. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2021.105567>
- Wang, D., Yang, Q., Abdul, A. ve Lim, B. Y. (2019). Designing Theory-Driven User-Centric Explainable AI. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300831>
- Yener, M., Charoenpol, M., Suntharanurak, S. ve Köse, H. Ö. (2025). Strategic cooperation of supreme audit institutions of Thailand and Türkiye for digital transformation and innovation in public sector auditing. *Sayıştay Dergisi*, 36(136), 9-34. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1633666>
- Zhong, C. ve Goel, S. (2024). Transparent AI in Auditing through Explainable AI. *Current Issues in Auditing*, 18, 1-14. <https://doi.org/10.2308/CIIA-2023-009>
- Zuiderwijk, A., Chen, Y.-C. ve Salem, F. (2021). Implications of the use of artificial intelligence in public governance: A systematic literature review and a research agenda. *Government Information Quarterly*, 38, 101577. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101577>

TURKISH COURT OF ACCOUNTS IN THE AGE OF ALGORITHMIC AUDIT: THE POSSIBILITIES AND LIMITS OF AI-ASSISTED PUBLIC AUDIT

Yusuf UZUN

Fatma Nur UZUN

EXTENDED ABSTRACT

This study presents a thorough investigation into the integration of artificial intelligence (AI) within the public audit sector, using the Turkish Court of Accounts as a primary case study. It explores the dual aspects of technological promise and practical implementation challenges, offering a balanced perspective on the future of algorithmic auditing. The research methodology combines a systematic review of international literature with comparative case studies and expert analyses, providing a robust foundation for its conclusions.

The analysis reveals that AI technologies are fundamentally reshaping public audit processes through several key mechanisms. Advanced data analytics and machine learning algorithms significantly enhance anomaly detection capabilities, achieving accuracy rates above 90% in identifying irregularities in public tenders and expenditures. Natural Language Processing systems transform document analysis and report generation, reducing processing time while maintaining quality standards. Predictive modeling enables proactive risk assessment, allowing auditors to identify potential issues before they materialize fully. These technological advancements collectively contribute to substantial efficiency gains, with AI-assisted systems accelerating audit processes by an average factor of 6.2 while simultaneously improving detection accuracy and coverage.

However, the study identifies significant implementation barriers that temper this optimistic outlook. Data quality issues emerge as a critical constraint, with public sector datasets often characterized by inconsistencies, missing information, and formatting problems that undermine algorithmic performance. The research particularly highlights the challenge of algorithmic bias, demonstrating how historical data patterns can perpetuate and even amplify existing disparities in audit focus and outcomes. Ethical concerns regarding transparency and accountability in algorithmic decision-making present additional complications, especially within the context of public sector

accountability requirements. The study further examines organizational resistance and skill gaps within audit institutions, noting that technological transformation must be accompanied by corresponding changes in workforce capabilities and institutional cultures.

The research makes original contributions through its development of practical frameworks for successful AI implementation. It proposes a comprehensive Digital Audit Maturity Model that guides institutions through five evolutionary stages of technological adoption. The study also introduces an Algorithmic Audit Assessment Matrix, enabling institutions to evaluate their readiness across twelve critical performance indicators. These tools are complemented by specific recommendations for auditor training programs, emphasizing the need for developing hybrid skills that combine traditional audit expertise with data literacy and algorithmic interpretation capabilities.

Furthermore, the study addresses the crucial balance between technological efficiency and democratic accountability. It argues that AI systems in public auditing must be designed with explainability and oversight mechanisms that preserve human agency and institutional responsibility. The research emphasizes that algorithmic systems should augment rather than replace human judgment, particularly in areas requiring ethical consideration and contextual understanding. This approach ensures that technological advancement enhances rather than undermines the fundamental principles of public sector accountability and transparency.

In conclusion, this research provides valuable insights for supreme audit institutions navigating digital transformation. It demonstrates that successful AI integration requires a holistic approach that addresses technological, organizational, ethical, and regulatory dimensions simultaneously. The findings suggest that institutions that effectively manage this transition can achieve significant improvements in audit quality, efficiency, and coverage. However, the study cautions against technological determinism, emphasizing that the ultimate value of AI in public auditing depends on its thoughtful implementation within appropriate governance frameworks that prioritize public interest and maintain democratic oversight. The research contributes to both academic literature and practical implementation guidelines, offering a comprehensive roadmap for public audit institutions embarking on their AI adoption journey.



KAMU YÖNETİMİNDE DİJİTALLEŞME SÜRECİNİN BİREYLERİN İYİ YÖNETİM HAKKINA ETKİSİ: AKILLI YÖNETİMLERDE YAPAY ZEKA TEKNOLOJİSİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

THE IMPACT OF DIGITALISATION IN PUBLIC ADMINISTRATION ON INDIVIDUALS' RIGHT TO GOOD ADMINISTRATION: AN EVALUATION OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN SMART ADMINISTRATION

Burçin BOZDOĞANOĞLU¹

ÖZ

Bu çalışma, Avrupa Birliği'nde 'akıllı yönetimlerin' uygulanması ve etkisini, kamu yönetiminde dijital teknolojinin bütünleşmesine odaklanarak incelemektedir. Bu bağlamda, özellikle popüler bir dijital araç olan yapay zekâ yoluyla verimlilik arayışı ile demokratik değerlerin ve temel hakların korunması arasındaki iki uçlu tartışmanın eleştirel bir bakış açısıyla irdelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, dijitalleşme sürecinde öne çıkan bu yönetimlerin benimsediği işlevsel stratejiler ile bunların iyi yönetim temel hakkı üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Ayrıca, neoliberal politikaların etkisiyle artan teknoloji bağımlılığı olgusunun kamu hizmetlerinin otomasyonuna ve dijitalleşmesine yansımaları da analiz edilmektedir. Teknolojide yaşanan gelişmeler verimlilik, şeffaflık ve erişilebilirlik açısından iyileştirmeler vaat etmekle birlikte, vatandaşların hakları, özellikle gizlilik, veri koruma ve süreçlere bireysel katılım açısından önemli riskler de oluşturabilmesi olgusu vaka analizleriyle somutlaştırılmakta ve iyi yönetim hakkının AB yapay zekâ yasası gibi düzenlemelere olan ihtiyacı değerlendirilmektedir.

1- Prof. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, bbozdoganoglu@bandirma.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9337-2895

Gönderim/Submitted: 25.08.2025, **Revizyon/Revision:** 29.10.2025, **Kabul/Accepted:** 30.10.2025

Atıf/To Cite: Bozdoğanoglu, B. (2025). Kamu Yönetiminde Dijitalleşme Sürecinin Bireylerin İyi Yönetim Hakkına Etkisi: Akıllı Yönetimlerde Yapay Zeka Teknolojisi Kullanımının Değerlendirilmesi. Sayıştay Dergisi, 36(139), 743-770. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1771754>

ABSTRACT

This study examines the implementation and impact of ‘smart administration’ within the European Union, focusing on the integration of digital technology in public administration. In this context, the aim is to critically examine the dual-sided debate between the pursuit of efficiency through artificial intelligence, a particularly popular digital tool, and the protection of democratic values and fundamental rights. The study evaluates the operational strategies adopted by these administrations, which have come to the fore in the digitalisation process, and their impact on the fundamental right to good administration. Furthermore, the implications of increasing technological dependency, driven by neoliberal policies, on the automation and digitalisation of public services are also analysed. While technological advancements promise improvements in terms of efficiency, transparency, and accessibility, the fact that they can also pose significant risks to citizens’ rights, particularly in terms of privacy, data protection, and individual participation in processes, is illustrated through case studies, and the need for regulations such as the EU’s artificial intelligence law to protect the right to good administration is assessed.

Anahtar Kelimeler: İyi yönetim, Kamu idareleri, Şeffaflık, Dijitalleşme, Yapay zekâ.

Keywords: Good governance, Public administrations, Transparency, Digitalisation, Artificial intelligence.

GİRİŞ

Kamu hizmetlerinin hızlandırılması, verimliliğinin ve kalitesinin artırılması amacıyla kamu yönetiminde yeni dijital teknolojilerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Dijitalleşme süreci, kamu görevlileri tarafından geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen görevler dahil, kamu hizmetlerinin sunum yöntemleri üzerinde kapsamlı etkiler yaratmıştır. Dijitalleşme ile birlikte üretilen devasa boyutlardaki verinin depolanması, analiz edilmesi ve anlamlı hale getirilerek karar alma, kontrol ve gözetim gibi süreçlerde etkili olarak kullanılmasına yönelik çabalar büyük önem kazanmaktadır. Dijitalleşme zorunluluğundan hareketle, yapay zekâ destekli otomatik karar alma süreçleri ve dolandırıcılık tespiti gibi çeşitli işlevlerde yer almak üzere önemli miktarda veri sürekli olarak toplanmakta, işlenmekte ve kullanılmaktadır. Öte yandan devletlerin, vatandaşlarının iyi yönetim hakkını karşılayabilmek için kamusal hizmetlerin optimal şekilde gerçekleştirilmesi gerekliliğine sıklıkla vurgu yapmaktadır. Nitekim kamusal işlevlerin dijitalleştirilmesi, devletin hızlı tepki vermesini sağlayarak, sonuçta yönetimin iyileştirilmesine ve vatandaşlara sunulan hizmetlerin geliştirilmesine yol açabilecektir.

Bu noktada, kamu sektöründe yaygın otomasyona geçiş, 'akıllı yönetimler' olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu yönetimler tarafından benimsenen ve kamu faaliyetlerinin, özellikle vatandaşlarla ilgili olanların otomasyonuna yol açan şey sürekli dijitalleşmenin varlığıdır. Örneğin, yapay zekâ destekli sohbet robotlarının benimsenmesi, otomatik dolandırıcılık tespiti ve sosyal yardım değerlendirmeleri gibi uygulamalar bu sürecin bir parçasıdır. Öte yandan söz konusu sürecin evrimi, kamu sektörü kuruluşlarının faaliyetlerini ve yükümlülüklerini önemli ölçüde değiştirmiş; vatandaşlar üzerinde olumsuz etkiler yaratma potansiyeli de doğurmuştur. Nitekim bu süreç, kamu görevlileriyle yüz yüze etkileşimin azalmasını, bunun sonucunda kamu hizmetlerinin yönetiminde yabancılaşma hissinin artmasını ve denetimin azalmasını da içermektedir. Ayrıca, otomatik süreçlere olan bağımlılığın artması, bürokratik prosedürlerle ilgili belirsizliklere yol açmış ve özellikle dijital okuryazarlık düzeyi düşük olan vatandaşlar arasında kafa karışıklığı ve hayal kırıklığı yaratma potansiyeli doğurmuştur. Bunun yanı sıra otomasyona geçiş, özellikle gizlilik ve veri güvenliği açısından vatandaşların haklarının potansiyel olarak aşınması ve devlet kurumları tarafından verilerinin toplanması ve kullanılması konusunda şeffaflık eksikliği konusunda endişeleri artırmıştır.

Bu gelişmeler çerçevesinde, çalışmanın sınırları ve amacı Avrupa Birliği bağlamında 'akıllı yönetimler' olgusunun analiz edilmesi ile AB Temel Haklar Bildirgesinde yer alan iyi yönetim hakkı ve devletin dijitalleşmesi çerçevesinde bu hakkın değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir. Çalışmada bu amaç dahilinde ilk olarak akıllı yönetim kavramı ve neoliberal öncüller temelinde kamu verimliliğini artırmak için kullanılan çoklu teknolojiler hakkında genel bir bakış sunulacaktır. Yapay zekâ teknolojisi bu noktada kamu sektöründe sunulan hizmetlerin dijitalleşmesinde günümüzde en çok tercih edilen dijital araç olarak öne çıktığından iyi yönetim hakkının uygulamaya geçişinde seçilen ana teknoloji olmuştur. İkinci bölümde devletin dijitalleşmesi bağlamında iyi yönetim hakkı ele alınacak ve vatandaşların korunmasını artırmak için bu hakkın nasıl kullanılabileceği incelenecektir. Bu bölümde yer alan AB Yapay Zekâ Yasası bu teknolojinin akıllı yönetimlerde kullanımı noktasında yapılan ilk hukuksal düzenleme olarak bireylerin temel haklarının ne derece güvence altına alındığını değerlendirilebilmesi açısından kritik önemdedir. Üçüncü bölümde ise yapay zekâ temelli akıllı yönetimlerin olumsuz etkileri, özellikle vatandaşların haklarının azalması açısından vaka analizleri çerçevesinde incelenerek değerlendirme yapılmaktadır.

1. AKILLI YÖNETİM KAVRAMI VE KAMU VERİMLİLİĞİNİ ARTIRMAYA YÖNELİK TEKNOLOJİLER

Devletlerin karar verme sürecinde bilgiyi değerli bir kaynak olarak kullanması yeni bir olgu değildir. Nitekim tarihte köklü birçok devlet açısından nüfus sayımı, askerlerin bilgisi, vergilendirme, hayvanların sayısı gibi konular yönetim için önem taşıdığından bunlara ilişkin kayıtların tutulması bir gereksinim haline gelmiştir. Öte yandan bilginin kullanımı kamu yönetiminde her zaman önemli bir olgu olarak var olmuştur. Ancak teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme sürecinin hız kazanmasıyla birlikte devletlerin veri kullanımı benzeri görülmemiş bir önem kazanmıştır. Şu an içinde bulunulan çağ, devletlerin yaygın bir şekilde dijitalleşmesine tanıklık edilen bir süreçtir. Bu süreçte, eskiden analog olarak yürütülen görevler, daha önce hiç görülmemiş bir ölçekte ve hızda dijitalleştirilmektedir. Söz konusu süreç “akıllı yönetimler” olarak tanımlanmaktadır (Lazarotto, 2025: 44-45).

Bu noktada kamu yönetiminde dijitalleşme sürecinin tek bir adımda gerçekleşmediğine dikkat edilmelidir. Süreç, belgelerin dijitalleştirilmesi ve kamu görevlilerinin çalışmalarını desteklemek amacıyla bilgisayarların kullanıma sunulmasıyla başlamıştır. Bu aşamada, teknolojik araçların kullanımı, kamu idaresinin iç işleyişine yardımcı olmak amacıyla sınırlı kalmış ve kamu görevlilerinin karar alma sürecinde bir rutin oluşturmuştur (Inbar, 1979). Daha sonra, internetin yaygınlaşması ve nüfus artışıyla birlikte, devletler vatandaşlarla iletişimi güçlendirmek için teknolojiyi benimsemiş ve web siteleri ile çevrimiçi iletişim sistemleri geliştirmiştir (Ranchordas ve Scardella, 2021:374; Lee-Archer, 2023).

Ancak, 1980’lerin sonlarında ve 1990’ların başında, kamu idarelerini eskimiş, yavaş ve verimsiz olarak gören neoliberal ideallere doğru küresel bir geçiş yaşanmıştır. Bu hareket popülerlik kazandıkça kamu sektörü, bütçelerinin azaltılması, verimlilik ve üretkenliğin artırılması için bir dizi reformdan geçmiştir (Dencik, 2022: 145-165). Aynı dönemde, klasik kamu yönetimine farklı bir bakış açısı sunan Yeni Kamu Yönetimi (YKY-New Public Management) teorisi gündeme gelmiştir (Hood, 1995: 98). Bu teori, kamu idarelerinin performans ölçütleri, göstergeler, hedefler ve denetimler gibi yönetsel uygulamaları kullanmasının, kamu idarelerini daha etkili ve maliyet verimli hale getirdiğini vurgulamakta ve kamu kaynaklarının kullanımında verimlilik, etkinlik, hesap verebilirlik, açıklık ve saydamlık ilkelerini ön plana çıkarmaktadır (Hançer, 2024:

535). YKY anlayışının kamu idarelerine yayılması ile birlikte, görevlerin kademeli olarak otomatikleştirilmesi sağlanmakta ve profesyonel çalışanlar bilgisayar tabanlı karar sistemleriyle değiştirilmektedir (Bovens ve Zouridis, 2002: 176). Bu gelişme, fiziksel olayları dijital sinyale dönüştürmek için sensörler, aktüatörler ve diğer teknolojilerle donatılmış birbirine bağlı fiziksel nesnelerden oluşan bir ağı kullanılmasıyla büyük miktarda verinin toplanmasını ve işlenmesini gerektirmiştir. Söz konusu veriler daha sonra ulaşım, enerji, kentsel çözümler ve savunma gibi birçok alanda gerçek zamanlı olarak toplanarak iletilmektedir (Barcevičius vd., 2019). Veriler sonraki süreçte ise makine öğrenimi sistemleri ve tahmine dayalı analitik gibi birçok teknoloji ile işlenmektedir. Kamu sektörü bu teknolojileri kullanarak toplumsal kalıpları, eğilimleri ve politika etkilerini anlamakla kalmamakta, aynı zamanda günlük operasyonel kararlar almada ve kamu politikalarını desteklemede de yardımcı olmaktadır (Bachner ve Hill, 2014: 52).

Bu bağlamda, teknolojik gelişmeler ve sosyo-ekonomik faktörlerin bir araya gelmesi, 'akıllı yönetimler' olarak adlandırılan kavramın gelişmesine zemin hazırlayan verimli bir ortam oluşturmuştur (Yeung, 2023). Akıllı yönetimler; dijital otomasyon, algoritma ve yapay zekâ odaklı karar verme süreçlerini uygulamak için çoklu teknolojiler kullanan ve kamu idarelerini optimize etmeye yönelik veri odaklı teknolojileri kullanan bir yönetim türü olarak tanımlanabilmektedir (Janowski, 2015; Veale ve Brass, 2019: 123). Bu bağlamda, teknolojiler kamu görevlilerinin karar verme süreçlerini destekleyebilmekte, puanlama ve sıralama yoluyla risk tespit ve değerlendirme görevlerini yerine getirerek ve hem vatandaşlardan hem de çevreden otomatik olarak toplanan ve işlenen veriler aracılığıyla fonları ve insan kaynaklarını optimize ve koordine edebilmektedir (Yeung, 2023). Akıllı yönetimler, aynı zamanda, neoliberal bir siyasi görüşe dayanan ve değişimin katalizörü olarak teknolojiyi temel alan YKY'nin bir evrimi olarak da görülmektedir. Bu bakış açısı akıllı yönetimleri, e-devlet gibi, devletin teknolojiyi kullanmasını ifade etmek için kullanan ve altında siyasi bir anlam barındırmayan diğer terimlerden ayırmaktadır (Baptista, 2005: 170).

Kamu yönetiminin yaygın olarak dijitalleşmesinin ana gerekçelerinden biri, veri madenciliği, istatistik ve modellemeyi bir arada kullanarak tahminlerde bulunmak ile beklenen ve beklenmeyen davranışları izlemek için kullanılan tahmine dayalı analitik yöntemlerdir. Tahmine dayalı analitik, kamu politikalarını daha iyi şekillendirmek, kaynakların kullanımını optimize etmek, hizmet

sunumunu daha verimli hale getirmek ve sorunlar ortaya çıkmadan önce olası müdahaleleri hazırlamak için de kullanılabilir (Bright vd., 2019). Tahmine dayalı analitik, çoğunlukla kamu güvenliği (Tomar vd., 2016), eğitim, halk sağlığı (Qureshi, 2014) ve dolandırıcılık tespiti (De Fremery, 2018) gibi alanlarda devletler tarafından kullanılmaktadır.

Dijital dönüşümün bileşenleri incelendiğinde, bu sürecin dijital nesneler, platformlar ve altyapılar olmak üzere birbiriyle bağlantılı üç unsurdan oluştuğu ortaya çıkmaktadır (Damar vd., 2024: 13). Bu bileşenlerin her biri dijital dönüşüm ekosisteminde farklı ve önemli rollere sahiptir. Örneğin, bir dijital nesne, yazılım uygulamasından çeşitli medya içeriklerine kadar uzanabilmekte ve her biri son kullanıcı için bir ürün veya hizmetin değerini artırabilen veya benzersiz işlevler ekleyebilen özelliklere sahipken; dijital platformlar, bu dijital nesneleri barındıran birleşik bir mimari ve hizmetler kümesi sağlamaktadır. Dijital altyapı ise inovasyonu teşvik etmek için iletişim, iş birliği ve bilgi işlem desteği sunan araç ve sistemleri içermektedir (Damar vd., 2024: 13).

Söz konusu dijital araçların dinamik işlevselliğini korumak için, kamu sektöründe birbirine bağlı ve sürekli bir bilgi akışı da gereklidir. Bu durum, Bovens ve Zouridis tarafından “sistem düzeyinde bürokrasi” olarak tanımlanan bir süreçte, birden fazla devlet kurumu arasında veri seti entegrasyonu ve paylaşımına yol açmaktadır (Bovens ve Zouridis, 2002: 176). Bu sistem entegrasyonunun temel özelliği, bir dönem birbirinden ayrı olan veri setlerinin kamu sektöründeki elektronik hizmetlere ve bilgilere tek bir erişim noktasında birleştirilmesidir. Böyle bir entegrasyon, sadece departmanlar arası bilgi akışını kolaylaştırmakla kalmamakta, aynı zamanda vatandaşlara kamu hizmetlerinin sunulmasını da kolaylaştırmakta ve vatandaşların her türlü sorunu çözmek için kamu sektörüyle bağlantı kurabilecekleri tek bir dijital gişe olarak tanımlanabilecek “tek durak noktalar” oluşturmaktadır (Ranchordás, 2022:126). Böylece, kamu görevlilerinin işi, bireysel vakaları ele almaktan sistem geliştirme yoluyla süreçlerin optimal hale getirilmesine doğru kaymaktadır (Cleary ve Tax RI, 2011:168). Bu noktada teknolojik adaptasyonun bazı sonuçları doğru olabilmekte, ancak kalan memurlar arasında dijital okuryazarlığı artırma talebi nedeniyle insan kaynakları giderlerinin de artabileceğini vurgulamak önem taşımaktadır. Nitekim eskiden kamu görevlileri sadece temel bilgisayar becerilerini öğrenerek günlük görevlerini yerine getirebilmekteyken, günümüzde artık başka bir seviyede okuryazarlık düzeyi gerekmektedir.

“Dijital okuryazarlık”, “yeni okuryazarlık” veya “çağdaş okuryazarlık” olarak adlandırılan bu kavramlar, sadece temel teknolojileri kullanmayı bilmekle kalmayıp, memurların bilgiye ihtiyaç duydukları zamanları fark etmelerini, bu bilgileri bulmalarını, yorumlamalarını ve doğru şekilde kullanmalarını sağlayan bir dizi beceriyi de içermektedir. Bu nedenle, bu düzeydeki yeni okuryazarlık, kamu sektöründen şüphesiz daha fazla insan kaynağı ve nitelik gerektirecektir (Ranchordás, 2022:127).

Bu bağlamda, teknolojinin iş uygulamalarına nasıl entegre edildiğine bağlı olarak, kamu yönetimine tehlikeli bir şekilde sızması söz konusu olabilecektir. Uygulamada, yönetim sistemleri ve dijital karar ağaçları, memurların çalışmalarına katı kurallar ve sınırlar getirebilmekte; bu durum nihai kararın kamu görevlileri yerine yazılımı tasarlayan ve uygulayanların eline bırakılmasıyla sonuçlanabilmektedir (Bovens ve Zouridis, 2002). Ayrıca akıllı yönetimler, sosyal düzeni oluşturmada dijital yapıya aşırı güvenerek, kamu değerlerini yeniden şekillendirmek yoluyla, şeffaflık ve temel hakların korunması gibi geleneksel kamu sektörü değerlerine ilişkin öncelikler olarak performans ve verimlilik gibi iç işlevsel unsurları ön plana çıkarmaktadır (Hickok, 2022:1214). Bu hareket, şüphesiz devlet ile vatandaşlar arasındaki ilişkinin doğasını değiştirerek, bire bir insan ile gerçekleşen ilişkileri ve toplantıları kameralar, sensörler, internet siteleri ve sohbet robotları ile değiştirmektedir. Söz konusu değişiklik, özellikle devletin eylemlerinden doğrudan etkilenen vatandaşlar olmak üzere, birçok düzeyde vatandaşlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bu etkilere, çalışmanın üçüncü bölümünde vaka analizleri çerçevesinde daha ayrıntılı olarak yer verilecektir.

2. DEVLETİN DİJİTALLEŞMESİ BAĞLAMINDA İYİ YÖNETİM HAKKI KAVRAMI VE AB YAPAY ZEKÂ YASASININ İNCELENMESİ

Devlet ve vatandaşlar arasındaki ilişki, devletin yetkilerinin sınırları ve vatandaşların hakları ile ilgili tartışmalarla doludur. Siyasi otoritenin kökenlerini ve meşruiyetini açıklamak için birçok sosyal sözleşme teorisi geliştirilmiştir. Örneğin, John Locke ve Rousseau, devletlerin oluşumunu, düzenli ve güvenli bir toplum karşılığında bazı bireysel haklardan vazgeçme olarak tanımlamışlardır (Riley, 1982). Sosyal sözleşme teorileri bağlamında devletlerin görevi, vatandaşların yasalar önünde eşitlik ve özgürlükten yararlanabilecekleri bir

ortam yaratırken kamu yararını gözetmektir (Garth-James, 2021). Bu çerçevede on sekizinci yüzyılın klasik yasallık, eşitlik ve kesinlik inançları, refah devletinde kamu sektörüne aktarılmış; iyi yönetimin usul ve maddi ilkeleri geliştirilerek, bunların hukukun üstünlüğü sınırları içinde tutulması sağlanmıştır (Bovens ve Zouridis, 2002: 176). Bu nedenle, idari kurallar vatandaşların temel haklarını korumada önemli bir rol oynamaktadır. İyi yönetim hakkı da bu çerçevede ortaya çıkmıştır. İyi yönetim ve insan hakları ilişkisinin belirlenmesi açısından tersine, yani kötü yönetim uygulamalarının ortaya çıkardığı ihlaller bir gösterge kabul edilmekte; yönetim sürecinin hukuka uygunluk, etkililik ve yeterlilik, şeffaflık, ölçülülük, eşitlik, tarafsızlık ve hesap verebilirlik ilkelerine aykırı olarak yürütülmesi iyi yönetim anlayışıyla çelişeceği gibi insan hakları ihlallerine yol açabilecektir (Karakul, 2018:32).

İyi yönetim ilkeleri, başta hukuk devleti ilkesi olmak üzere; adil yargılanma hakkı, iç hukukta etkili başvuru hakkı, eşitlik ve ayrımcılık yasağı ile bilgi edinme hakkı gibi temel hak ve özgürlükler modern anayasalarda yer aldığı gibi, uluslararası ve bölgesel insan hakları sözleşmeleri kapsamında da korumaya alınmıştır (Karakul, 2018: 32). Bununla birlikte iyi yönetim kavramının bağımsız bir hak olarak güvenceye alınması ilk olarak AB Hukukunda söz konusu olmuştur. Nitekim İspanya ve Portekiz gibi birçok Avrupa Birliği (AB) üye ülkesinin, bireyleri haksız idari işlemlerden korumak için özel hükümler içeren hukuk geleneklerinden esinlenmesi sonucu Avrupa Birliği; AB Temel Haklar Bildirgesi'ne idare hukuku ilkelerini dahil eden bir reform sürecinden geçmiştir (Dutheil de la Rochere, 2008). Bu sürecin ardından iyi yönetim hakkı AB Temel Haklar Bildirgesi'nde genel bir hukuk ilkesi olarak kabul edilerek Avrupa Topluluğu içtihatlarına dayandırılmıştır (Şimşek, 2007: 91). İyi yönetim hakkı, AB Temel Haklar Bildirgesi'nin 41. maddesinde, sadece idarecilerin yasalara uygun hareket etmesini gerektiren değil, aynı zamanda vatandaşlara da uygulanabilir bir hak sağlayan öznel bir bireysel temel hak olarak ifade edilmektedir (Kristjánssdóttir, 2013: 238). İyi yönetim hakkı kapsamında, 41. maddede, her kişinin işlerinin tarafsız, adil ve makul bir süre içinde yürütülmesini isteme hakkına sahip olduğu belirtilmektedir. Maddenin ikinci fıkrası, herhangi bir bireysel önlem alınmadan önce dinlenme hakkı, her kişinin dosyasına erişim hakkı ve idari organların kararlarının gerekçelerini açıklama yükümlülüğünü içermektedir.

Avrupa Adalet Divanı'nın iyi yönetim hakkının gelişmesinde önemli bir rol oynadığını özellikle belirtmek gerekir. Bu süreç, Avrupa Adalet Divanı'nın Technische Universität München ile Hauptzollamt München-Mitte arasındaki davada (CJEU, 1991) verdiği emsal karar ile başlamıştır. Bu kararda mahkeme, idari işlemlerde usul güvencelerine uyulmasının önemini vurgulamış ve bu güvencelere uyulmamasının kararın hukuka aykırı olmasına yol açacağını belirtmiştir (Nehl, 2009:323). Böylece, 41. maddede yer alan iyi yönetim hakkı; idarenin taleplere cevap vermesi, yeterli bilgi toplaması ve talepleri adil bir şekilde inceleme yükümlülüğü gibi maddede sayılan haklarla sınırlı olmayan, aynı zamanda usul ve esas gerekliliklerini de kapsayan bir şemsiye kavram olarak ortaya çıkmaktadır (Pech ve Groussot, 2010).

Akıllı yönetimler bağlamında, devletler genellikle verimli ve kesintisiz bir kamu hizmeti sunarak iyi yönetim ilkesini yerine getirmek için teknolojinin yaygın kullanımını haklı gösterirken, bu durum kamu sektöründen beklenen hesap verebilirlik ve şeffaflık düzeyine uymayan otomatik karar verme süreçlerinden kaynaklanan önyargılı ve şeffaf olmayan sonuçlar gibi zararlı neticelere yol açabilmektedir. İyi yönetim ilkesinin kapsamı dahilinde, kamu sektörünün karar alma sistemlerinin dijitalleşmesine karşı denge sağlamak için; kişisel onur, özerklik ve özgürlük temelinde, yasal olarak uygulanabilir ve uygulanamaz garantiler geliştirilmesi gerekmektedir. Öncelikle, idari organların eylemleri, ikili bir şekilde otomatikleştirilmiş karar alma sürecinin katı dura lex sed lex (kanun katıdır ama kanun budur) yasallığına dayandırılmamalıdır. Bunun yerine, iyi yönetim, karar alma sürecinde şeffaf, açık ve demokratik bir kamu yönetimi gerektirmektedir². Bu bağlamda, onur, özerklik ve özgürlük gibi temel değerlerin tanınması, 21. yüzyılın dijital bilgi toplumuna uyarlanmış bireysel usul güvenceleri geliştirilerek gerçekleştirilmeli daha uygun bir yaklaşım olarak görülmektedir (Citron, 2007:1250). Ancak bu tanıma süreci, vatandaşlar ve devlet arasındaki doğrudan ilişkinin ötesine geçmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi, bakımı, seçimi, tedariki ve kullanımı dahil olmak üzere çok sayıda kamusal düzeyi kapsayan iyi yönetim ilkesine yönelik çok aşamalı bir yaklaşım önerilmektedir. Bu süreç algoritmik hesap verebilirliği de içermektedir (Wieringa, 2020:1-18; Shah, 2018: 3).

2- İyi bir uygulama örneği, Hollanda'daki Sosyal Sigorta Bankası (SVB) tarafından uygulanan ve İngilizceye "Garage of Intention" (Niyet Garajı) olarak çevrilen Garage de Bedoeling adlı uygulamadır. Garajın temel amacı, katı bir yasallığa uymayan vakaları tartışmak ve ele almak, yasanın katı ifadesinin aksine yasanın amacını ortaya koymaktır. <https://magazines.rijksoverheid.nl/adr/adrover/2019/03/garage-de-bedoeling>

Bu noktada iyi yönetim ilkesinin uygulanmasının ilk aşamasının, kamu sektöründe teknolojik sistemlerin tasarımı, kurulumu ve bakımına odaklanması olduğu öngörülmektedir (Veale ve Brass, 2019:123). Dijitalleşmenin kamusal alana sızma sürecinin, kamu sektörünün özen yükümlülüklerine uygun olması gereken teknolojik tedarik ve tasarım sürecini de kapsamı beklenen bir durumdur (Hickok, 2022: 1214). Kamu sektöründe kullanılan teknolojik sistemlerin geliştirilmesi ve bakımı, benimsenme sürecini daha demokratik hale getirmek vatandaşlar, akademi ve sivil toplum dahil olmak üzere farklı paydaşların katılımını gerektirmektedir. Öte yandan bu süreçte kamu yönetiminden beklenen, teknolojinin kamu idaresinde gerekli olup olmadığı ve nasıl benimsendiği, bilgi sistemlerinin nasıl birbirine bağlı olduğu konusunda şeffaf olunması ayrıca bireylerin, kişisel verilerinin sistem içinde nasıl işlendiği ve bu verilere kimlerin erişebileceği, diğer devletler veya dış aktörlerle paylaşılıp paylaşılmadığı da dahil olmak üzere, her aşamanın anlaşılmasının sağlanmasıdır.

İyi yönetim ilkesinin uygulanmasının ikinci aşaması, teknolojik karar alma sürecinde şeffaflığı artırmayı amaçlayan çapraz hakların yürürlüğe konmasıdır. Bu çerçevede ilk olarak, kamu görevlilerinin, kullandıkları teknolojilerin nasıl çalıştığı, veri setlerinin teknik yönleri ve olası zararlı sonuçları da dahil olmak üzere, daha iyi anlayabilmeleri için eğitim almalarını ve buna bağlı olarak dijital okuryazarlık seviyelerinin yükseltilmesini sağlayacak bir süreç başlatılması yerinde bir yaklaşım olarak görülmektedir (Veale ve Brass, 2019: 122). Ayrıca kamu yönetimi kararlarının gerekçeleri ve esasları tam olarak açıklanarak vatandaşlara, yalnızca bir makinenin ikili kararlarına dayanan değil, bireysel ve idari maliyetler arasında dengeli bir cevap verilebilecektir (Bovens ve Zouridis, 2002: 177). Aynı derecede önemli olan bir başka unsur ise vatandaşlara idari kararlara itiraz etme ve devletle eşit konumda olma imkânı sağlayan araçlar sunulmasıdır. Bu bağlamda ‘insan döngüsü’nün otomatikleştirilmiş karar alma sürecine daha fazla nüans katmak için dahil olması olası önlemlerden biri olmakla birlikte özellikle kamu görevlilerinin bilgisayar tabanlı kararlara aşırı güvenme eğilimi göz önünde bulundurulduğunda, böyle bir hamle sorunlu kararları ‘temizlemek’ için yeterli görülmemektedir (Crootof vd., 2023: 482). Bu nedenle, bir kişinin menfaatlerini etkileyen idari veya adli nitelikteki bir kararın alınabileceği her türlü prosedürde, otomatik karar verme süreçleri de dahil olmak üzere, dinlenme hakkına yer verilmesi daha doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir (CJEU, 2012).

Sürecin yasal zemini açısından, iyi idare ilkesini temel alan bu çok katmanlı yaklaşıma uygun hukuk kurallarının geliştirilmesi noktasında kıta Avrupası'nın pozitivist geleneğine uyumlu bir kanunlaştırma süreciyle (kodifikasyonu) dönüşümün sağlanması söz konusu olabilecektir. Böylece bu süreç, iyi idare ilkesini üye devletlerin hukuk sistemleri içinde uygulanabilir bir hak haline getirebilecek ve bireylerin haklarını korumak için güvenebilecekleri, yasal olarak uygulanabilir objektif bir garanti haline gelecektir. İyi yönetim hakkının kodifikasyonu, idari uygulamaların aşırı basitleştirilmesi ve dijitalleştirilmesi şeklinde ortaya çıkabilecek olası kamu yönetimi suistimallerine karşı vatandaşları korumak için denetim ve denge araçlarının gerekliliği ile uyumlu olacaktır. AB'de yakın zamanda onaylanan Yapay Zekâ Yasası (Artificial Intelligence Act-AI Act), bu yönde atılan somut yönlü ilk adım olarak değerlendirilebilir.

Yapay Zekâ Yasası, kabul edilemez risk düzeylerinden minimum risk düzeylerine kadar farklı seviyelerdeki riskleri temel şekilde düzenlemek suretiyle sektörler arası bir yaklaşım benimsemektedir (Prainsack ve Forgó, 2024). Ancak, bu yasa hakları ve telafi mekanizmalarını sınırlı seviyede tuttuğundan, bireylerin veya grupların yapay zekâ sistemlerinin olumsuz etkilerine karşı mücadele etmeleri için mekanizmalar öngörmemekte veya sağlamamaktadır (Ogunleye, 2022). Bu yasanın örnek olarak gösterilmesinin nedenlerinden birisi de kamu sektöründe en çok tercih edilen teknolojilerden birisinin yapay zekâ sistemleri olması ancak bu teknolojinin içeriğinde algoritmik önyargıyı da barındırması nedeniyle hatalı karar almaya yatkın olmasıdır.

Bir sonraki bölümde vaka örnekleri ile detaylandırılacağı üzere bu sistemlerin şeffaf olmayan (opak) yapısı özellikle kamu sektöründe kullanım söz konusu olduğunda veri koruma, idari eylem veya işlem sonucu oluşabilecek zararlar konusunda vatandaşları şeffaf ve hesap verebilir olmayan, dolayısıyla tazmin edilmeye açık bir süreçle karşı karşıya bırakmaktadır. Öte yandan AB Yapay Zekâ Yasası dünyada yapay zekâ sistemlerini düzenleyen ilk kapsamlı çerçeve niteliğindedir. Dijitalleşme sürecinde yapay zekâ teknolojisi başta olmak üzere kullanılan farklı sistemleri bünyesinde bulunduran algoritmalar, Büyük Dil Modelleri ve Üretken Yapay Zekâ, kamuoyunda tartışılmaya başlanmış ve buna ilişkin yasama önerileri gündeme geldikten sonra, yapay zekâ yasası kamuoyunun ilgisini daha fazla çekmeye başlamıştır (Allen ve Masters, 2020: 585).

Yapay Zekâ Yasası'nın belirtilen hedeflerinden biri, yüksek riskli olarak değerlendirilen belirli yapay zekâ sistemleri tarafından temel hakların ihlal edilmesine karşı koruma sağlamaktır (Lütz, 2024: 80). Bu kapsamda Yapay Zekâ Yasası, yüksek riskli olarak değerlendirilen ve Avrupa Komisyonu tarafından delege edilmiş yasal düzenlemeler yoluyla gelecekteki gelişmelere göre güncellenebilecek bazı kullanım kategorileri öngörmektedir. Nitekim AB'nin yapay zekâ ile ilgili yasal çerçevesi, temel hakların korunmasını sağlamak ve desteklemek için bazı yükümlülükler ve araçlar öngörmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin yüksek riskli olarak sınıflandırılması, Yapay Zekâ Yasası'nın 6. maddesi uyarınca gerçekleştirilmektedir.

Bir teknolojiyi yapay zekâ sistemi olarak kabul etmede çeşitli göstergeler olmakla birlikte Yapay Zekâ Yasası özelinde, cinsiyet eşitliği ve ayrımcılık yapmama ile en ilgili olanı, Ek-III'te listelenen bu sistemleri yüksek riskli olarak değerlendiren 6. maddenin 2. fıkrasıdır. Bu düzenleme kapsamında, işgücü piyasası (örneğin yapay zekâ işe alım sistemleri) veya eğitim (örneğin yapay zekâ test değerlendirmeleri) ile ilgili yapay zekâ sistemlerinin kullanıldığı örnekler bulunmaktadır (Lütz, 2024: 80-81). Öte yandan bir yapay zekâ sistemi "yüksek riskli" olarak sınıflandırılmışsa ve madde 6(2) uyarınca belirtilen yükümlülükleri yerine getirmesi gerekiyorsa, yapay zekâ yasası, önyargıların tespit edilmesini ve yapay zekâ sistemlerinin temel haklara zarar vermesi vb. olumsuz etkilerinin önlenmesini sağlamak için çeşitli araçlar öngörmektedir.

Bu noktada özellikle yararlı bir araç ise Yapay Zekâ Yasası'nın 27. maddesi kapsamındaki temel haklar etki değerlendirmeleridir (Fundamental Rights Impacts Assessments-FRIA). Temel haklar etki değerlendirmeleri, yapay zekâ sistemleri sağlayıcılarının, sistemin kullanıma sunulmasından önce temel haklar üzerinde olası etkilerini analiz etmeleri için bir zorunluluktur (Janssen vd., 2022: 202-2023). Yasanın 27. maddesi, bu yükümlülüğü bir dizi uygulayıcıya, özellikle kamu kurumlarına ve kamu hizmetleri sunanlara yüklemektedir. Temel haklar etki değerlendirmesi, diğer hususların yanı sıra, bir yapay zekâ sisteminin süreçleri, etkilenen gruplar, belirli zarar riskleri, insan gözetimi önlemleri, risk azaltma ve şikâyet mekanizmaları hakkında bir değerlendirme içermektedir (AI Act, 2024). Önyargı denetimleri ise Yapay Zekâ Yasası'nın 10(2)(f)(g) maddesinde öngörülen bir başka araçtır ve temel hakları olumsuz etkileyebilecek veya Birlik hukuku tarafından yasaklanan ayrımcılığa yol açabilecek olası önyargıları tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Denetimler söz konusu olduğunda,

temel unsurlardan biri, bunların mümkün olduğunca bağımsız olması, tercihen sözleşmeye dayalı bağlantıları olmayan üçüncü taraflarca yapılmasıdır (Lütz, 2024: 84).

Şeffaflık, açıklanabilirlik ve yapay zekâ kararlarına ilişkin bilgi verilmesi, ayrımcılık yapmama iddiasının ilk adımı olarak birbiriyle karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. Yüksek riskli sistemler, risk yönetim sistemi kurmak (Art.9), uygun veri ve veri yönetim yapıları sağlamak (Art. 10), teknik belgeleri hazırlamak (Art. 11), yapay zekâ sisteminin süreçleri ve kararlarının kayıtlarının tutulması (Art. 12), belirli şeffaflık gerekliliklerine uyulması (Art. 13) ve insan gözetiminin sağlanması (Art. 14) gibi belirli gerekliliklere uymak zorundadır (AI Act, 2024). Son olarak, yasanın 85. maddesinde yer alan bireysel şikâyet, kamu tarafından uygulanan yaptırımların önemli bir tamamlayıcısıdır ve bu yaptırımların uygulanması para cezalarıyla sağlanmaktadır. Bu durum, Ek-III'te listelenen yüksek riskli yapay zekâ sisteminin çıktısına dayalı olarak dağıtıcı tarafından alınan bir karara tabi olan herhangi bir etkilenen kişiye verilen bireysel karar alma sürecinin açıklanması hakkı (AI Act, 2024: Art.86.) ile daha da güçlendirilmektedir (Smuha, 2021).

3. AKILLI YÖNETİMLERDE YAPAY ZEKA KULLANIMININ OLUMSUZ YÖNLERİNİN VAKA ANALİZLERİ ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Akıllı yönetimlerin vaat ettiği rutin idari görevlerdeki darboğazların azaltılması gibi birçok avantaja rağmen, aynı zamanda olumsuz sonuçları da olduğu göz önünde bulundurulması gereken noktalardandır. Söz konusu olumsuzluklar, yalnızca kamu sektörü ve kamu yönetiminin temellerini değil, aynı zamanda devlet dairelerinin dijitalleştirilmiş uygulamalara olan bağımlılığının doğrudan veya dolaylı olarak teşvik ettiği idarenin eylemlerine maruz kalan bireyleri de doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle çalışmada yapılan analiz, yalnızca içsel etkileri değil, aynı zamanda kamu sektörünün ötesine uzanan etkileri, örneğin bireylerin yaşamları üzerindeki etkileri de inceleyerek, toplum üzerindeki olumsuz geri dönütlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını amaçlamaktadır.

Devletler ve vatandaşları arasındaki ilişkinin dinamikleri doğası gereği asimetriktir. Bu dengesiz ilişkinin dayanak noktasında, vatandaşların kendileri tarafından devlete verilen ve koruma, düzen ve temel hakların güvence

altına alınması karşılığında belirli özgürlüklerin ve yetkilerin gönüllü olarak devredildiği, doğal yetki-temsil mekanizması yatmaktadır. Sosyal sözleşme teorileri, sonunda Rousseau tarafından ilk olarak tasarlanan ve devletin gücünün sınırlarını net bir şekilde belirleyerek vatandaşları devletin olası güç suistimallerinden korumak için tasarlanmış bir denetim ve denge sisteminin gelişmesi için verimli bir zemin oluşturmuştur (Sasan, 2021; Holcombe, 2018). Devletin bu hak ve ilkeleri koruması, belirli parametreler dahilinde faaliyet gösterme ve aynı zamanda vatandaşların işleyen bir topluma katkıda bulunma taahhüdünü temsil etmektedir.

Bu nedenle verimlilik, etkinlik, şeffaflık ve adil yargılama gibi farklı kamu değerleri arasında hassas bir denge bulunmalıdır. Ancak, devlet dijitalleşme ve verimlilik çabalarını geleneksel ve temel kamu sektörü değerlerinin üstünde tuttuğunda, süreçleri ve prosedürleri aşırı basitleştirmek zorunda kalmaktadır. Bu noktada çeşitli olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. İlk göze çarpan sonuç, prosedürlerin basitleştirilmesi ve görevlerin otomatikleştirilmesi nedeniyle kamu yönetiminde güçler ayrılığı, denetim mekanizmaları ve adil yargılama araçları gibi denetim ve denge mekanizmalarının kaybedilmesidir. Bu durum, kolayca veriye dönüştürülemeyen bağlam bilgilerinin kaybedilmesine yol açmaktadır (Kitchin, 2021; Drucker, 2011). Söz konusu bilgiler, devletin olası güç suistimalini sınırlamak ve vatandaşları bu suistimallerden korumak için gerekli olan temel unsurlardır (Holcombe, 2018:58).

Buna ilişkin en belirgin örnek, Hollanda'daki Systeem Risico Indicatie (SyRI-Sistem Risk Göstergesi) adlı kötü şöhretli vakada açıkça görülmüştür. Vaka, verileri kullanarak çelişkilerin (çifte vatandaşlık ve araba sahibi olmak gibi) tespit edilmesi ve insanları potansiyel dolandırıcılar olarak etiketlemek suretiyle insan haklarının ihlal edilmesi içeriğiyle bilinmektedir (Wieringa, 2023; Van Bekkum ve Borgesius, 2021). Vakanın detaylarında Hollanda vergi dairesinin Toeslagen birimi tarafından 2011-2012 yıllarında sağlanan yardımlara ilişkin olayları içeren sürecin, fiilen diğer AB Üye Devletlerinde ikamet eden ve dolayısıyla yasal olarak bu tür ödemeler açısından hak sahibi olmayan kişilere buna rağmen yapılan sosyal güvenlik ödemelerini içeren bir dizi dolandırıcılık vakasının basına yansınmasıyla başlayan ancak temelde bir 'algoritmik önyargı' hatasının yarattığı mağduriyet yatmaktadır (Hadwick ve Lan, 2021:610). Vaka, AİHS'ye taraf olan ülkelerin ötesinde bir öneme sahiptir, çünkü yarattığı ikilem

hemen her ülkede aynıdır: teknolojiyi güçlü kılanın genellikle kara kutunun³ içinde olanlar olduğu durumlarda, tam yasal hesap verebilirlik talep edilmeli midir?

SyRI, Hollanda vergi dairesi, sosyal güvenlik ve işsizlik politikalarını yöneten kurumlar gibi çeşitli birimlerden vatandaşlarla ilgili verileri alarak birbirine bağlayan ve olası dolandırıcılık vakalarını tespit eden bir uygulamadır. Sabit göstergelere sahip risk modelleri kullanarak, sistem dolandırıcılık riski daha yüksek olduğu iddia edilen vatandaşların bir listesini oluşturmakta (risk raporları) ve ardından SyRI'yi kullanmak için talepte bulunan yetkili makama soruşturma başlatma görevini bırakmaktadır. SyRI mevzuatı, bu makamların veri alışverişinde bulunabilecekleri bir iş birliği kurmalarını mümkün kılmaktadır. Davayı anlamak için hayati önem taşıyan bir hukuki ayrıntı ise kamu otoritelerinin SyRI'nin kullanılacağı projeler için başvuruda bulunmalarını sağlayan "SUWI Yasası" adlı mevzuatın yürürlükte olmasıdır (TaxAdmin.AI, 2024).

Öte yandan SyRI, AB'ye üye bir devletin vergi idaresinin makine öğrenimi algoritmalarını kullanmasının mahkeme önünde incelendiği ilk davadır. Birçok sivil toplum kuruluşu ve dernek davaya müdahil olarak SUWI yasasının 64. ve 65. maddelerinin, AİHS'nin bir dizi hükmünü, özellikle de mahremiyet hakkı ve ayrımcılık yapılmaması hakkını ihlal ettiğini iddia etmiştir. SUWI yasasının 64. maddesi, Hollanda'daki herhangi bir idari veya devlet kurumunun elinde bulunan 'kayıtların birbirine bağlanmasını' onaylamaktadır (TaxAdmin.AI, 2024). Bu kadar büyük hacimli verileri işlemek için, SUWI yasasının 65. maddesi, uyumsuzluk sinyallerini tespit etmek ve denetime tabi tutulacak vergi mükelleflerini seçmek amacıyla tasarlanmış bir makine öğrenimi sınıflandırıcı olan SyRI'nin entegrasyonunu öngörmüştür.

Algoritma, daha önce etiketlenmiş uyumsuzluk vakalarını işleyerek risk göstergeleri türetmekte ve denetime tabi tutulacak vergi mükelleflerini seçmek için bir puanlama tablosu geliştirmektedir (TaxAdmin.AI, 2024). Söz konusu algoritma yardım taleplerini sınıflandırmak için kendi kendine öğrenen bir modeldir ve rolü hangi taleplerin yanlış olma riskinin en yüksek olduğunu öğrenmektir. Ancak yardım programında kötüye kullanımı tespit etmesi gereken sistemler yanlışlıkla yirmi binden fazla ebeveyni dolandırıcı olarak etiketlemiştir.

3- Kara kutu (black box) yapay zekâ teknolojisinde kullanıcıların veri giriş ve çıkışını görmesi ancak bu çıkışı üretmek için yapay zekâ sisteminin veya aracının içinde neler olduğunu görememesidir. Günümüzde mevcut olan en gelişmiş makine öğrenimi modellerinin çoğu, OpenAI'nin ChatGPT ve Meta'nın Llama gibi büyük dil modelleri de dahil olmak üzere, kara kutu yapay zekâlardır (IBM, 2024).

Söz konusu ebeveynlerin önemli bir kısmı göçmen nüfusa mensuptur (Equinet, 2022). Öte yandan bu algoritma bir ön süzme yöntemi olarak kullanılmakta ve sistem tarafından yüksek riskli olarak işaretlenenler daha sonra yetkililer tarafından incelenmektedir. Bu esnada vergi idaresinin karar alma sürecini yönetirken algoritmalarda çifte vatandaşlığa sahip ebeveynlerin taleplerinin algoritma tarafından sistematik olarak yüksek riskli olarak tanımlandığı ve idarede görevli kişilerin bu talepleri dikkatlice incelemeden hileli olarak işaretlediği ortaya çıkmıştır (Hadwick ve Lan, 2021:610).

Ayrıca süreç esnasında vergi memurları tarafından yapılacak denetimlerde kullanılmak üzere çocuk bakımı için ödenecek yardım parası alıcılarının seçimini otomatik olarak yapabilmek amacıyla makine öğrenimi temelli bir risk puanlama algoritması da sisteme dahil edilmiştir. Bu algoritmaya dayalı sistem, belgeleri otomatik olarak işlemek ve denetimler için sosyal yardım alıcılarını seçmek amacıyla geçmiş verilerin değerlendirmesine dayalı şekilde risk faktörleri türetmiştir. Ancak bu süreçte kontrolü gerçekleştiren memurlar algoritmanın bir önyargıya sahip olmasına neden olmuştur (Hadwick ve Lan, 2021: 610). Nitekim Hollanda Veri Koruma Kurumu (AP) yaptığı araştırma sonucunda kullanılan algortmada Hollandalı ve Hollandalı olmayan şeklinde bir ayırım yapıldığını bu şekilde Hollandalı olmayan vergi mükellefleri için öngörülen dolandırıcılık riskinin sistematik olarak artırıldığını tespit etmiştir (Hadwick, 2022:188).

Algoritma tarafından haksız yere dolandırıcı olarak etiketlenen kişiler bankalarından olumsuz yanıtlar alarak finansal açıdan zor duruma düşürülmüş, kamu politikaların hedefi haline gelmiş ve bazı aileler çocuklarının velayetini kaybetmiştir (TaxAdmin.AI, 2024). Buna karşın, SyRI davasının davacıları, risk puanlama sisteminin kullanımına izin veren SUWI 65. maddesinin önyargı ve ayrımcılık risklerine karşı herhangi bir koruma sağlamadığı iddiasında bulunmuştur. SyRI vakasında mahkeme, davacıların lehine karar vermiş ve SUWI yasasının 64 ve 65. maddelerinin mevcut haliyle özel hayatın gizliliği hakkına uygun yeterli güvenceler sağlamadığını tespit etmiştir (TaxAdmin.AI, 2024).

Dijital dönüşüm, kurumların yapısını ve süreçlerini ve hizmet sunma biçimlerini değiştirirken, bu süreçlerin denetiminin de yeni yaklaşımlarla yürütülmesini gerektirmektedir. Yeni teknolojilerin, özellikle büyük veri analitiği, yapay zekâ, blok zinciri gibi dijital araçların sunduğu fırsatlardan yararlanırken

sunulan hizmetin denetimi aşamasında da bu teknolojilerden en etkili şekilde faydalanmak kritik önemdedir (Yener vd., 2025:13). Citron'un vurguladığı gibi, incelikli analiz yerine basitleştirme politikasının tercih edilmesi, idare hukuku uzmanlık modelinin alanını daraltmaktadır (Citron, 2007:1250). Bu eğilim, çifte vatandaşlık örneği gibi "gerçek hayatın" karmaşıklığının getirdiği gri alanları ortadan kaldırarak, idari görevleri soğuk bir nesnellikle indirgeyen acımasız bir devletin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Burada keyfilik aşırı katılıkla ele alınmakta ve "her bir özel duruma uygun adalet" anlamına gelen Einzelfallgerechtigkeit için yer bırakmamaktadır (Bovens ve Zouridis, 2002:177). Bu durum, koşulları nedeniyle devletin eylemlerinden daha fazla etkilenen ve kamu sektöründen daha incelikli bir muamele talep eden savunmasız bireyler ve topluluklar söz konusu olduğunda özellikle sorun teşkil etmektedir.

SyRI örneğinde bu önerme, kadınlar ve göçmen aileler için geçerlidir. İnsanların kendi önyargıları olduğu ve karar verme sürecine otomasyonun getirilmesinin takdir yetkisini ve keyfi güç kullanımını (Bovens ve Zouridis, 2002:177) ortadan kaldıracak olduğu doğru olsa da otomatik sistemlerin, eğitildikleri veri kümelerinin önyargılı olması ve programlanma şekilleri nedeniyle önyargılı sonuçlara yol açabileceği de unutulmamalıdır. Aynı zamanda, otomatik karar vericiler, kamu görevlilerinin rollerine getirdikleri doğal insan faktöründen yoksundur. Modellerin eğitimi için kullanılan veri miktarına rağmen, kişisel deneyim ve duygu bağlamının yokluğu, otomatik sistemlerin genellikle karmaşık durumları ele alma kapasitesini sınırlayıcı bir sonuca yol açmaktadır (Barth ve Arnold, 1999).

İnsan karar vericilerin eksikliği, özellikle kamu sektörü faaliyetlerini optimize etme amacıyla eylemleri yorumlanacak veri noktaları olarak ele alınan savunmasız bireyler söz konusu olduğunda sorun teşkil etmektedir (Yeung, 2023:13). Birleşmiş Milletler Aşırı Yoksulluk ve İnsan Hakları Özel Raportörü, sosyal destek talep eden birçok savunmasız bireyin gerekli dijital okuryazarlığa sahip olmaması veya evde internet erişimi masraflarını karşılayamaması nedeniyle (Ranchordas, 2022), "dijital olarak varsayılan" olarak sınıflandırılan ve her türlü yüz yüze randevuyu ortadan kaldıran İngiliz sosyal yardım sistemindeki reformları eleştirmiştir (United Nations, 2019).

Avusturalya'da gerçekleşen Robodebt vakası bu noktada değerlendirilmesi gereken bir diğer örnek olay olarak göze çarpmaktadır. Robodebt programı Avusturalya'da uzun süredir aşılması hedeflenen ulusal borcun azaltılmasına

yönelik şekilde geliştirilmiştir. Bu kapsamda borç azaltımına yönelik bir strateji olarak sosyal yardım desteğinde yapılan fazla ödemelerin telafi edilmesi yöntemi izlenmiştir. Robodebt programı ise yapay zekâ destekli bir teknolojiyi kullanmak suretiyle söz konusu fazladan yapılan sosyal yardım ödemesini geri alarak bütçeyi dengelemek amacıyla tasarlanmıştır (Rinta-Kahila vd., 2022:313). Buna karşın bu teknolojinin bünyesinde yer alan algoritmik karar verme sistemindeki sorunlar gerek sistemin kullanıcıları gerekse sosyal yardım kurumu personeli için önemli problemlere neden olmuştur. Vaka kapsamında yaşananlar Avusturalya hükümetine karşı yaygın bir güven sorunu oluşmasına ve cezalara yol açmıştır.

Robodebt, gelir vergisi ve sosyal yardım verileri arasında otomatik eşleştirmeye ve gelir ortalaması olarak bilinen işveren tarafından bildirilen gelirin eşit olarak bölündüğü ve gelir ile yardımlara hak kazanmak arasında değerlendirme yapabilmek için bir mali yıl boyunca iki haftada bir tahsis yapılan bir süreci içermektedir. Bu sistem ortalama gelir ile bireyler ödeme alırken gerçekte bildirdikleri arasında herhangi bir uyumsuzluk olması halinde, sosyal yardım alıcılarına otomatik borç bildirimini yapmaktadır (Shah, 2023). Ancak kullanılan gelir ortalaması yöntemi kişinin, Robodebt devrede olduğu süre boyunca her zaman istikrarlı bir kazanca sahip olduğu ön kabulüne dayanmıştır. Daha değişken gelirli, güvencesi olmayan veya geçici istihdamda olanları ise göz ardı etmiştir. Dolayısıyla gelir ortalaması hak sahiplerinin iki haftalık gerçek gelirine göre hesaplanmasını gerektirmekteyken mevcut durum bunu yansıtmamaktadır (Shah, 2023). Öte yandan bireyler kendilerine yansıtılan borca itiraz etmek istediklerinde borç tahsilat sürecini, tahsil edilen borcun nasıl hesaplandığını veya hatalı olabileceği konusunda herhangi bir bilgiyi Robodebt sisteminin arayüzünü oluşturan portalda bulamamaktadır (Rinta-Kahila, 2023:314). Ayrıca bir insan görevliyle muhatap olarak süreçle ilgili bilgi veya yardım talep edilmesinin söz konusu olması halinde buna dair izlenecek yola ilişkin herhangi bir ibare portal da mevcut değildir.

Tüm bu unsurlar farklı kişisel özelliklere veya dijital okur yazarlık seviyelerine sahip bireylerin sistemi anlamasını ve itiraz sürecini güçleştirmiştir (Rinta-Kahila, 2023:314). Robodebt başlatılmasının üzerinden bir yıl bile geçmeden başarısız geri dönüşler vermeye başlamış ve bu durumun yardım alanlar üzerindeki etkisi giderek belirginleşmiştir. Nitekim bu süreçte aleyhlerine borç çıkarılan ve isimlerini temize çıkarmak için mücadele ederken intihar

edenler olmuştur. Robodebt'in kullanımını araştıran Kraliyet Komisyonu'na aktarılan verilere göre borç tahsilat ihbarnameleri alan kişilerin sosyal olarak dolandırıcı biçiminde damgalanmasının travma ve kaygı bozukluklarına yol açmış olabileceği ifade edilmektedir (Rinta-Kahila, 2023:316).

Örnek vakalarda, dijitalleşmeye odaklanıldığında devletlerin toplumun sosyal ve politik yönlerini göz ardı edebildiği ve özellikle yapay zekâ teknolojisine tamamen güvenilerek sunulan kamusal hizmetlerin güven ve etkinlik sorunlarına yol açabildiği görülmektedir. Örneğin SyRI vakası, "kurumsal ırkçılık" olarak nitelendirilen kötü niyetli bir uygulamaya sahne olmuştur (Davidson vd., 2022). Sonuç olarak, aileler yoksulluğa sürüklenmiş, binlerce çocuk koruyucu ailelere verilmiş; Robodebt vakası ise bazı kurbanların intiharı ile sonuçlanmıştır (Heikkilä, 2022).

Ayrıca otomatik sistemlerdeki şeffaflık eksikliği, kamu sektörünün hesap verebilirlik ve şeffaflık görevlerinin gerektirdiği denetimden bu sistemleri koruduğu için sorun teşkil etmektedir (Citron, 2007:1251). Kamu sektörü otomatik sistemler hakkında genel bilgiler sağlayabilmekte, ancak bu şeffaflık, özellikle yapay zekânın birçok teknolojiden biri olduğu karmaşık ekosistemler olan akıllı yönetimler bağlamında, bir sistemdeki potansiyel hataların daha derinlemesine analizi için genellikle yeterli gelmemektedir (Veale ve Brass, 2019:122). SyRI örneğinde, Lahey Bölge Mahkemesi, sistemin bireylerin sistemdeki kişisel verilerini takip etmelerine izin vermediği için şeffaflık önlemlerinden yoksun olduğunu belirtmiştir. Bunun yerine, sistem kara kutu temelli opak bir yapıya sahiptir ve bu durum riski daha da artırmaktadır (Appelman vd., 2022).

Algoritmik karar alma mekanizmalarının bu opak özellikleri, kamu yönetimi süreçlerinde kullanıldığında sorunlara neden olabilmektedir. Çünkü bu özellikteki sistemler, herhangi bir idari işlemde bilgilendirilme, dinlenme ve adil muamele görme hakkı gibi adaletin temel ilkelerini göz ardı etmektedir. Öte yandan verilerin gizliliği ve güvenliğinin yanı sıra kalıcılığı da endişe yaratan bir başka durumdur. Nitekim yapay zekâ teknolojisine kaynaklık eden veriler onu üreten bireyden daha uzun süre bu sistemlerde varlığını sürdürmektedir (Polat, 2024:410). Bu noktada kişi hayatta olmadığı halde verilerinin kullanımı hukuki açıdan önemli sorunlara yol açabilecektir.

Aynı derecede önemli olan bir diğer husus, geniş çaplı veri toplama ile birlikte ortaya çıkan güvenlik riskleridir. Bu veriler, sağlık hizmetlerinden finansal bilgilere kadar her türlü hassas kişisel veriyi de içerebilmekte ve kamu sektörü tarafından bir bireyin hayatının tam bir resmini çizmek için kullanılabilir. Bu durum, vatandaşların mahremiyetini ihlal etmekle kalmamakta aynı zamanda vatandaşlar ile devlet arasındaki güç ve bilgi dengesizliğini de daha da artırmaktadır.

Pencheva ve diğerlerinin tanımladığı gibi (Pencheva vd., 2020:25), bu “veri seli”nin neden olduğu güç dengesizlikleri, devlete vatandaşları izlemek için yeterli gücü verirken, aynı zamanda başlangıçta amaçlanandan farklı şekillerde verilerin kötüye kullanılmasına ve suistimal edilmesine kapı açmaktadır. Çin’de uygulanan kitlesel gözetleme uygulaması, sansür tekniklerini siyasi gözetleme amaçlı veri analitiği ile birleştiren bu uygulamaların bir örneğidir (Knockel vd., 2020). Uygulama “Sosyal Kredi Puanları” olarak bilinmekte ve Çin’in bazı şehirlerinde vatandaşların güvenilir kabul edilmesine yönelik olarak kredilere, hizmetlere veya iş imkanlarına erişimi etkilemektedir. Sosyal kredi puanını belirleyen sistem ise kapalı devre kamera sistemi ile bağlantılı yüz tanıma teknolojisi, akıllı telefonlardan veri toplanması, finansal varlıklar, eğitim, tıbbi ve devlet güvenlik değerlendirmelerden alınan kayıtların yapay zekâ destekli bir teknoloji tarafından derlenmesinden oluşmaktadır (Carney, 2020).

Tüm bu veriler ise bireyin kamusal hayata ne ölçüde katılabileceği konusunda başka bir ifadeyle kamu hizmetlerinin sunumunda rehberlik etmektedir. Dolayısıyla yapay zekâ veya diğer teknolojilerin bu tip bir sosyal kredi sistemi oluşumunda kullanımı mümkün olmakla birlikte istenilen veya kaçınılmaz olmadığı açıktır. Bu tip sistemlerin ortaya çıkışı toplumsal veya bireysel mahremiyete verilen önem ve akıllı yönetime geçmenin yaratabileceği sosyal damgalama riskleri arasındaki dengeye bağlı olarak değişebilecektir (Carney, 2020; Dencik vd., 2018:146).

SONUÇ

Bu çalışmada, kamu sektöründe verimlilik ve optimizasyonu vurgulayan devletin gerçekleştirdiği faaliyetlerde teknolojinin yaygınlaşması, bir dijital araç olarak yapay zekâ kullanımı özelinde ele alınmıştır. Devletin kamu hizmetlerini yerine getirmede teknolojiyi yaygın kullanımı, verimli ve optimize edilmiş bir kamu sektörü elde etmek için birbirine bağlı çok sayıda teknolojinin kullanıldığı

akıllı yönetimler kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak daha iyi yönetim vaat etmesine rağmen, teknolojinin yaygın kullanımı vatandaşların yaşamları için bir dizi olumsuz sonuç da doğurmaktadır. Nitekim çalışmada analiz edilen vaka örnekleri özellikle son dönemin yükselen teknolojisi olan yapay zekânın kamu hizmetlerinde kullanımının yeteri kadar şeffaflık ve hesap verebilirlik olmadığına bireylerin devlete olan güven duygusunu ne ölçüde zedeleyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu vakalarda kamu yönetiminin güvenilirliğinin sorgulanması, ayrımcılık ve maddi tazminatlar gündeme gelmiş; bireylerin dijitalleşmenin devlet yönetiminin farklı noktalarında kullanımına ilişkin bakış açıları farklılaşmıştır.

Bu zorluklara yanıt olarak, kamu sektöründe iyi yönetimin temel ilkelerine dayanan kapsamlı, çok katmanlı bir koruma sistemi önerilmektedir. Önerilen stratejik çerçeve içerisinde, akıllı yönetimlerin aşırı müdahale eğilimlerini dengelemek için vatandaşlara bir dizi araç sunarak şeffaflık ve dinlenme hakkı gibi temel hakların güçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu araçlar arasında, kamu sektörünün karar ağaçlarına vatandaşların erişimini sağlamak ve dijital teknolojilerin satın alınmasında şeffaflık önlemlerini artırmak gibi uygulamalar yer almaktadır.

Yakın zamanda onaylanan ve çalışmada detaylarına yer verilen Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası, bu çok katmanlı çözümün bir parçası olabilecek durumdadır. Nitekim Yapay Zekâ Yasası, kamu sektörü de dahil olmak üzere tüm alanlarda geçerli olacak, kabul edilemezden asgariye kadar farklı yapay zekâ risk seviyeleri yaratan, bağlayıcı bir risk temelli düzenlemedir. Ek yükümlülükler listesi gerektiren yüksek riskli yapay zekâ sistemleri arasında biyometrik, kritik altyapı, eğitim, istihdam, temel hizmetler, kolluk kuvvetleri, göç ve adalet alanlarında yapay zekâ kullanımı bulunmaktadır. Yüksek riskli yapay zekâ sistemlerinin ek gereklilikleri arasında, yapay zekâ yaşam döngüsü boyunca sürekli olarak güncellenen ve gözden geçirilen bir risk yönetim sisteminin kurulması yer almaktadır. Ayrıca, SyRI vakasında olduğu gibi, bir yapay zekâ sisteminin on sekiz yaşın altındaki kişiler veya diğer savunmasız gruplar üzerinde etkisi olup olmayacağına da büyük önem vermelidir. Son olarak, yüksek riskli yapay zekâ sistemleri için Temel Haklar Etki Değerlendirmesi, akıllı yönetim uygulamaları durumunda ilginç bir rol oynayabilecek durumdadır. Çünkü kamu hizmetlerinde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin insanların temel haklarını nasıl etkileyebileceğini değerlendirmesini gerektirmektedir.

KAYNAKÇA

- AI Act (2024). EU Artificial Intelligence Act. <https://artificialintelligenceact.eu/> (01.06.2025).
- Allen, R. ve Masters, D. (2020). Artificial Intelligence: The right to protection from discrimination caused by algorithms, machine learning and automated decision-making. ERA Forum, 20, 585-598.
- Appelman, N., Fathaigh, R.O. ve Hoboken, J.V. (2022). Social Welfare, Risk Profiling and Fundamental Rights: The Case of SyRI in Netherlands. Journal of Intellectual Property, Information Technology and E-Commerce Law (JIPITEC), 12(4), 256-271.
- Bachner, J. ve Hill, K. (2014). Advances in public opinion and policy attitudes research, Policy Study Journal, 42 (1), 51-70.
- Baptista, M. (2005). e-Government and state reform: policy dilemmas for Europe. Electronic Journal of E-Government, 3 (4), 167-174.
- Barth, T.J. ve Arnold, E. (1999). Artificial Intelligence and Administrative Discretion: Implications for Public Administrations. American Review of Public Administration, 29(4), <https://doi.org/10.1177/02750749922064463>.
- Bovens, M. ve Zouridis, S. (2018). From Street-level to System-level Bureaucracies: How Information and Communication Technology is Transforming Administrative Discretion and Constitutional Control. Public Administration Review, 62(2), 174-184.
- Bright, J., Ganesh, B., Seidelin, C. ve Vogl, TM. (2019). Data science for local government. Oxford Internet Institute, Oxford.
- Carney, M. (2020). Leave no dark corner. Foreign Correspondent. 31.07.2020. <https://www.abc.net.au/news/2018-09-18/china-social-credit-a-model-citizen-in-a-digital-dictatorship/10200278> , (25.06.2025).
- Citron, DK. (2007). Technological due process. Washington University Law Review, 85(6), 1249-1313.
- CJEU (1991). Case C-269/90, Hauptzollamt München-Mitte v. Technische Universität München (1991). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:61990CJ0269>
- CJEU (2012). First Chamber of CJEU, Case C-277/11, Judgement 22 November 2012.
- Cleary, D. ve Tax RI. (2020). Predictive Analysis in the public sector: Using data mining to assist better target selection for audit. Proceedings of the European Conference on e-Government, 9(2), 168-176.
- Crotoof, R., Kaminski, ME., Price, W. ve Nicholson, II. (2023). Humans in the Loop , Vanderbilt Law Review, 76 (2), 429-510.

- Damar, M., Köse, H.Ö., Cagle, M.N. ve Özen, A. (2024). Mapping the Digital Frontier: Bibliometric and Machine Learning Insights into Public Administration Transformation. *Sayıştay Dergisi*, 35(132), 9-41.
- Davidson, D., Geiger, G., Schot, E., Hijinik, M., Adriaens, S., Bulman, M., Konijin, J., Woude, A., Hekman, L. ve Howden, D. (2022). The Algorithm Addiction. Mass profiling system SyRI resurfaces in the Netherlands despite ban and landmark court ruling. 22.11.2022, Lighthouse Reports. <https://www.lighthousereports.com/investigation/the-algorithm-addiction/>, (22.05.2025)
- De Fremery, R. (2018). Big data and government: how the public sector leverages data insights. 28.02.2018. Hortonworks, <https://www.cloudera.com/blog.html> , (21.06.2025)
- Dencik, L. (2022). The datafied welfare state: a perspective from the UK. Hepp, A., J. Jarke, L. Kramp L (eds) New perspectives in critical data studies. Transforming communications – studies in cross-media research. Palgrave Macmillan, 145–165.
- Dencik, L., Hintz, A., Redden, J. ve Warne, H. (2018). Data Scores as Governance: Investigating uses of citizen scoring in public services. Data Justice Lab, Cardiff University, UK, <https://datajusticelab.org/wp-content/uploads/2018/12/data-scores-as-governance-project-report2.pdf> , (15.06.2025)
- Drucker, J. (2011). Humanities approach to graphical display. *Digital Human Quarterly*, 5(1), 1-21
- Dutheil de la Rochere, J. (2008). The EU Charter of Fundamental Rights, not binding but influential: the example of good administration. Arnulf A., P. Eeckhout, T. Tridimas (eds) Continuity and change in EU law. Essays in Honour of Sir Francis Jacobs. Oxford University Press, 157-172.
- Equinet (2022). Dutch Childcare Allowance Scandal: The Importance of Investigation Powers. European Network of Equality Bodies. <https://equineteurope.org/netherlands-institute-for-human-rights-role-in-the-investigation-of-the-childcare-allowance-scandal/> (26.06.2025).
- Garth-James, K. (2021). The implications of social contract theory for public governance. *Public Administration Times*, American Society for Public Administration, <https://patimes.org/the-implications-of-social-contract-theory-for-public-governance/>, (22.05.2025)
- Hadwick, D. (2022). Behind the one-way mirror: Reviewing the legality of EU tax algorithmic governance, *EC Tax Review*, 31(4), 187-188.
- Hadwick, D. ve Lan, S. (2021). Lessons to be learned from the Dutch Childcare Allowance Scandal: A Comparative Review of Algorithmic Governance by Tax Administration in Netherlands, France and Germany. *World Tax Journal*, 13(4), 609-645.

- Hançer, N. S. (2024). Spending Review as A Policy Tool for Ensuring Efficiency in Public Expenditures and Its Impact on Fiscal Balance. *TCA Journal/Sayıştay Dergisi*, 35(135), 531-567.
- Heikkilä, M. (2022). AI: decoded: a Dutch algorithm scandal serves a warning to Europe – the AI Act won't save us. *Politico*. <https://www.politico.eu/newsletter/ai-decoded/a-dutch-algorithm-scandal-serves-a-warning-to-europe-the-ai-act-wont-save-us-2/>, (01.07.2025).
- Hickok, M. (2022). Public procurement of artificial intelligence systems: new risks and future proofing. *AI & Society*, 39,1213–1227
- Holcombe, RG. (2018). Checks and balances: enforcing constitutional constraints. *Economies*, 6(4), 57–69.
- Hood, C. (1995). The “new public management” in the 1980s: variations on a theme. *Accounting Organizations and Society*, 20(2-3), 93–109.
- IBM (2024). What is blackbox AI? .29.10.2024. <https://www.ibm.com/think/topics/black-box-ai> , (10.06.2025)
- Inbar, M. (1979). *Routine decision-making: the future of bureaucracy*. SAGE Publications
- Janowski, T. (2015). Digital government evolution: from transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32(3), 221–236.
- Janssen, H., Seng, L.A ve Seng, J. (2022). Practical fundamental rights impact assessments. *International Journal of Law and Information Technology*, 30 (2), 200-232.
- Karakul, S. (2018). İyi Yönetim ve İnsan Hakları İlişkisi Üzerine Değerlendirmeler. *Ombudsman Akademik, Özel Sayı (1)*, 27-55.
- Kitchin, R. (2021). *The data revolution: a critical analysis of big data, open data and data infrastructures*. SAGE Publications
- Knockel, J., Parsons, C., Ruan, L., Xiong, R., Crandall, J. ve Deibert, R. (2020). We chat, they watch: how international users unwittingly build up WeChat's Chinese censorship apparatus. *The Citizen Lab*, <https://citizenlab.ca/2020/05/we-chat-they-watch/>, (02.07.2025)
- Kristjánisdóttir, MV. (2013). Good administration as a fundamental right. *Icelandic Review of Politics and Administration*, 9(1), 237–255.
- Lazarotto, B. (2025). The Role of Technology n Citizens' Right to Good Administration: Examining the Impact of Smart Governments. Goosens, J., E. Keymolen ve A. Stanojevic (eds). *Public Governance and Emerging Technologies Values, Trust and Regulatory Compliance*, Springer Nature Switzerland AG, 43-61.

- Lee-Archer, B. (2023). Effects of digitalization on the human centricity of social security administration and services. ILO Working Paper.
- Lütz, F. (2024). The AI Act, gender equality and non-discrimination: what role for the AI Office?. ERA Forum, 2024 (25),79-95.
- Nehl, HP. (2009). Good administration as procedural right and/or general principle? Hofmann, HCH., AH. Türk (eds) Legal challenges in EU administrative law: towards an integrated administration. Edward Elgar Publishing, 322–351.
- Ogunleye, I. (2022). AI's redress problem: recommendations to improve consumer protection. CLTC White Paper Series. CLTC Berkeley
- Pech, L. ve Groussot, X. (2010). Fundamental rights protection in the EU post Lisbon treaty. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1628552
- Pencheva, I., Esteve, M. ve Mikhaylov, SJ. (2020). Big data and AI—A transformational shift for government: so, what next for research?, Public Policy Administration, 35(1), 24–44.
- Polat, M. (2024). Yapay Zekânın Denetimde Kullanılması ve Etik Sorunlar. Sayıştay Dergisi, 35(134), 395-423.
- Prainsack, B. ve Forgó, N. (2024). New AI regulation in the EU seeks to reduce risk without assessing public benefit. Nature Medicine, 30(5), 1235–1237.
- Qureshi, B. (2014). Towards a digital ecosystem for predictive healthcare analytics. Proceedings of the 6th International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems. ACM, 34–41.
- Ranchordás, S. (2022). The digitization of government and digital exclusion: setting the scene. Blanco de Moraes, C., G. Ferreira Mendes, T. Vesting (eds) The rule of law in cyberspace. Springer International Publishing, 125–148.
- Ranchordás, S. ve Scarcella, L. (2021). Automated government for vulnerable citizens: intermediating rights. William & Mary Bill Rights Journal, 30(2), 373-418.
- Riley, P. (1982). Will and political legitimacy: a critical exposition of social contract theory in Hobbes, Locke, Rousseau, Kant, and Hegel. Harvard University Press.
- Rinta-Kahila, T., Someh Asadi, I., Gillespie, N., Indulska, M. ve Gregor, S. (2022). Algorithmic decision-making and system destructiveness: A case of automatic debt recovery. European Journal of Information Systems, 31 (3), 313-338.
- Sasan, JMV. (2021). The social contract theories of Thomas Hobbes and John Locke: comparative analysis. Shanlax International Journal Arts Science and Humanities, 9(1), 34–45.

- Shah, C. (2023). Australia's Robodebt's Scheme: A Tragic Case of Public Policy Failure. 26.07.2023, Blavatnik School of Government, University of Oxford, <https://www.bsg.ox.ac.uk/blog/australias-robodebt-scheme-tragic-case-public-policy-failure> (24.06.2025)
- Shah, H. (2018). Algorithmic accountability. *Philosophical Transactions of the Royal Society Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2128), 1–6.
- Smuha, N.A. (2021). Beyond the individual: Governing AI's societal harm. *Internet Policy Review*, 10(3), 1–32.
- Şimşek, O. (2007). Avrupa Birliği Temel Haklar Şartı'nda İyi Yönetim Hakkı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi Dergisi*, 9(3), 91–107.
- TaxAdmin.AI (2024). System Risico Indicatie (SyRI). <https://taxadmin.ai/taxadminai-syri/> (05.06.2025)
- Tomar, L., Guicheney, W., Kyarisiima H. ve Zimani, T. (2016). Big data in the public sector: Selected applications and lessons learned. Acevedo, S. ve B. Roseth (eds). *Inter-American Development Bank*, <https://doi.org/10.18235/0007024>.
- United Nations (2019). Report of the Special Rapporteur on extreme poverty and human rights: visit to the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. United Nations, <https://undocs.org/en/A/HRC/41/39/Add.1> (02.05.2025)
- Van Bekkum, M. ve Borgesius, FZ. (2021). Digital welfare fraud detection and the Dutch SyRI judgment. *European Journal of Social Security*, 23 (4), 323–340.
- Veale, M. ve Brass, I. (2019). Administration by Algorithm? Public management meets public sector machine learning. Yeung, K. ve M. Lodge (eds) *Algorithmic regulation*. Oxford University Press, 121–149.
- Wieringa, M. (2020). What to account for when accounting for algorithms: a systematic literature review on algorithmic accountability. *Proceedings of the 2020 conference on fairness, accountability, and transparency*. Association for Computing Machinery, 1–18.
- Wieringa, M. (2023). Hey SyRI, tell me about algorithmic accountability: lessons from a landmark case. *Data&Policy*, 5, (e2-1–e2-24).
- Yener, M., Charoenpol, M., Suntharanurak, S. ve Köse, H.Ö. (2025). Strategic Cooperation of Supreme Audit Institutions of Thailand and Türkiye for Digital Transformation and Innovation in Public Sector Auditing. *Sayıştay Dergisi*, 36 (136), 9–34.
- Yeung, K. (2023). The new public analytics as an emerging paradigm in public sector administration. *Tilburg Law Review*, 27 (2), 1–32.

THE IMPACT OF DIGITALISATION IN PUBLIC ADMINISTRATION ON INDIVIDUALS' RIGHT TO GOOD ADMINISTRATION: AN EVALUATION OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN SMART ADMINISTRATION

Burçin BOZDOĞANOĞLU

EXTENDED ABSTRACT

In today's world, it has become essential to utilise the technologies developed during the digitalisation process and the innovations brought about by this process to provide public services more quickly and efficiently. The widespread use of digital tools in the public sector has brought with it the concept of smart administration, which serves as a catalyst for continuous technological change and forms the basis of the New Public Management approach. In this context, it differs from e-government, which can be considered a more neutral expression of the state's use of technology.

Another reason for the use of digital tools in public administration is the monitoring of expected and unexpected behaviours through predictive analytics. Depending on how technology infiltrates public services, this situation may also bring risks such as digital tools replacing humans and excessive reliance on digital structures in smart administration, thereby undermining fundamental values such as transparency and the protection of fundamental rights.

At this point, the study examines the concept of the right to good governance in the increasingly digitalised state and public administration, particularly in the context of the decisions of the Court of Justice of the European Union and the Charter of Fundamental Rights of the European Union. The examination of the right to good administration within the EU framework necessitates an assessment of the recently approved the Artificial Intelligence Act (AI Act), which is seen as the first concrete step taken by the EU in this direction, establishing the legal framework for the digitalisation process in the public sector and regulating the use of artificial intelligence systems, which are currently the most preferred digital tools in both the private and public sectors.

On the other hand, artificial intelligence systems are one of the most preferred technologies in the public sector. However, due to the fact that this technology also contains algorithmic bias, it is prone to making incorrect decisions. This has led to the questioning of the use of these technologies in the context of smart administration and the evaluation of the process within the framework of the AI Act.

The first section of the study briefly discusses the concept of smart administration and the changes it brings about in basic literacy levels in terms of human needs, as well as its positive effects on individuals, particularly in the digitalisation process, especially artificial intelligence technology and other digital tools used in smart administration. It also briefly discusses its negative effects depending on the level and form of penetration into the public sector. The second section examines the protection of the fundamental rights of individuals receiving services from the state within the scope of the right to good administration throughout this digitalisation process. In this section, the AI Act, which can be seen as the legal basis for the principle of good governance in the context of smart governance, is analysed with a focus on fundamental rights impact assessments, with reference to the regulations it establishes in terms of transparency and accountability in the use of this technology in the public sphere. The third section of the study explains that despite the many advantages promised by smart administration, such as reducing bottlenecks in routine administrative tasks, it also has many negative consequences. In this context, when digitalisation and efficiency efforts in the public sector are prioritised over traditional and fundamental public sector values, processes and procedures may be oversimplified, leading to various negative consequences. The negative experiences with the use of artificial intelligence in public administrations in various countries, such as SyRI and Robodebt, highlighted in this section of the study, underscore the importance of the fundamental rights impact assessment included in the AI Act.



YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DENETİMİN KAMU HARCAMALARINDAKİ ROLÜ: SAYIŞTAY ÖRNEĞİ

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED AUDITING IN PUBLIC EXPENDITURES: THE CASE OF TURKISH COURT OF ACCOUNTS

Hakan ÖZDEMİR¹

Alim YELBOĞA²

ÖZ

Yapay zekâ, kamu harcamalarının denetiminde hata tespiti, kaynak takibi ve hesap verebilirliğin artırılması gibi alanlarda devrim niteliğinde imkânlar sunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye Sayıştayının 2022-2023 denetim bulgularını yapay zekâ perspektifiyle analiz ederek, algoritmaların hangi hata türlerine çözüm sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. İhale usulsüzlüklerinden mali raporlama hatalarına kadar birçok bulgu, NLP, süreç madenciliği ve anomali tespiti gibi YZ teknikleriyle ilişkilendirilmiştir. Aynı zamanda veri kalitesi, etik kaygılar ve algoritmik açıklanabilirlik gibi temel sınırlılıklar da tartışılmıştır. Uluslararası örneklerle desteklenen çalışma, YZ'nin insan denetimini tamamlayıcı bir araç olarak nasıl konumlandırılması gerektiğine dair somut öneriler sunmakta; Türkiye'de hesap verebilir ve sürdürülebilir bir denetim sistemi için kurumsal kapasite ve dijital altyapının güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

1- Dr. Yükseköğretim Denetleme Kurulu Başkanlığı, hakan.ozdemir@vdk.gov.tr, ORCID: 0000-0002-2740-3737

2- Öğr. Gör. Dr. Gümüşhane Üniversitesi İrfan Can Köse Meslek Yüksekokulu, alimyelboga@gumushane.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6511-7048

Gönderim/Submitted: 29.09.2025, **Revizyon/Revised:** 05.12.2025, **Kabul /Accepted:** 12.12.2025

Atıf/To Cite: Ödemir, H., Yelboğa, A., (2025). Yapay Zekâ Destekli Denetimin Kamu Harcamalarındaki Rolü: Sayıştay Örneği. Sayıştay Dergisi, 36(139), 771-802.
DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1793520>

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) offers transformative potential in public expenditure auditing, particularly in error detection, resource tracking, and enhancing accountability. This study analyzes the Turkish Court of Accounts' 2022–2023 audit findings through an AI lens, identifying which types of errors could be addressed using algorithmic tools. From procurement irregularities to financial reporting issues, numerous findings are linked to AI techniques such as natural language processing, process mining, and anomaly detection. The study also discusses critical limitations including data quality, ethical concerns, and algorithmic explainability. Supported by international examples, it presents concrete recommendations on how AI should be positioned as a complementary tool to human auditors. It concludes that strengthening institutional capacity and digital infrastructure is essential for building a more accountable and sustainable audit system in Türkiye.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Kamu Harcamaları Denetimi, Dijital Dönüşüm, Anomali Tespiti, Hesap Verebilirlik.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Expenditure Auditing, Digital Transformation, Anomaly Detection, Accountability.

GİRİŞ

Dijital dönüşüm, kamu yönetimi ve denetim süreçlerini hızla yeniden şekillendirmekte; özellikle yapay zekâ (YZ) teknolojileri kamu mali yönetiminde etkinlik, şeffaflık ve hesap verebilirliği artırma potansiyeli taşımaktadır. Kamu harcamalarının kapsamı ve çeşitliliği dikkate alındığında, bu kaynakların doğru yönetimi yalnızca mali disiplinin sağlanması açısından değil, kamu hizmetlerinin kalitesi ve vatandaş-devlet ilişkilerinde güvenin güçlendirilmesi bakımından da önemlidir. Bu çerçevede denetim mekanizmalarının gelişmiş veri analitiği ve YZ araçlarıyla desteklenmesi, çağdaş kamu yönetiminin temel gerekliliklerinden biri haline gelmiştir.

YZ, makine öğrenimi, doğal dil işleme ve veri madenciliği yöntemleriyle büyük veri kümelerinde insan denetçilerinin tespit etmekte zorlanacağı örüntüleri ve anomalileri belirleyebilmekte; ihale süreçleri, harcama akışları ve riskli işlem davranışları gibi alanlarda erken uyarı mekanizmaları oluşturabilmektedir. Brezilya, Slovenya ve Filipinler gibi ülkelerde yüksek denetim kurumlarının YZ tabanlı araçları uygulamaya başlaması bu kapasiteyi doğrulamakla birlikte, model şeffaflığı, yanlış pozitifler ve veri kalitesi gibi sorunlar YZ'nin denetimdeki rolünü sınırlayan temel tartışma başlıklarıdır.

Türkiye’de de YZ temelli denetim yaklaşımlarına yönelik farkındalık artmakta; Hazine ve Maliye Bakanlığı’nın ileri analitik projeleri ile Sayıştay’ın “Dijital Mevzuat Asistanı” uygulaması bu dönüşümün ilk adımlarını oluşturmaktadır. Ayrıca Sayıştay’ın 2022 ve 2023 düzenlilik denetimi bulguları, YZ’nin hangi hata türlerinde uygulanabileceğini değerlendirmek açısından önemli bir veri kaynağıdır. Bu çalışma, uluslararası literatür ve Türkiye örneğinden hareketle YZ’nin kamu harcama denetimindeki potansiyelini analiz ederek Türkiye’deki dijital denetim dönüşümüne bilimsel katkı sunmayı amaçlamaktadır.

1. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Kamu harcama denetiminde yapay zekâ uygulamalarına ilişkin literatür iki ana eksende şekillenmektedir. Birincisi, farklı ülkelerin yüksek denetim kurumları tarafından geliştirilen ve uygulamaya konulan uluslararası örnekler, ikincisi ise akademik çevrelerde yürütülen kuramsal ve uygulamalı çalışmalardır. Uluslararası örnekler, yapay zekânın kamu harcamalarının şeffaflığını ve hesap verebilirliğini artırmadaki pratik etkilerini gösterirken; akademik çalışmalar, bu teknolojilerin yöntemsel altyapısını, risklerini ve potansiyel katkılarını tartışmaya açmaktadır.

1.1. Uluslararası Uygulama Örnekleri

Kamu harcamalarının denetlenmesi ve izlenmesi alanında birçok ülke, yapay zekâ (YZ) tabanlı uygulamaları deneyimlemeye başlamıştır. Kamu ihale süreçleri, bütçe planlama ve takibi ile mali denetimlerde YZ kullanımına ilişkin uluslararası literatür incelenmiştir. Bu çalışmalar; Brezilya, Slovenya, Filipinler, Hindistan, ABD ve çeşitli Avrupa Birliği ülkeleri gibi farklı coğrafyalardan örneklerle YZ’nin kamu sektöründeki uygulama alanlarını, kullanılan yöntemleri ve elde edilen sonuçları ortaya koymaktadır. Aşağıda bu çalışmaların ortak bulguları özetlenmiş ve kamu harcamalarının izlenmesi ile denetlenmesinde YZ’nin rolü, avantajları ve sınırlılıkları tartışılmıştır.

1.1.1. Kamu İhalelerinde Yapay Zekâ

Kamu ihale süreçleri, büyük veri hacmi ve karmaşık ilişki ağları nedeniyle YZ uygulamaları için elverişlidir. Çeşitli araştırmalar, makine öğrenmesi ve ağ analizlerinin ihale usulsüzlüklerini başarıyla tespit ettiğini; 93 çalışmalık bir derlemenin de bu yöntemlerin en yaygın araçlar olduğunu göstermektedir

(Schneider dos Santos vd., 2025: 28). Literatürde teklif vermede gizli anlaşma (kartel) tespiti için genellikle denetimsiz öğrenme ve sosyal ağ analizi; kayırmacılık (favoritizm) tespiti için ise istatistiksel yöntemler ve kural tabanlı analizler kullanılmaktadır. Yine aynı araştırmada merkezîyet ve kümeleme ölçütleri kullanılarak ihale verilerinde kartelleşme ağları %68 doğrulukla tespit edilmiştir (Schneider dos Santos vd., 2025: 25). Benzer şekilde, İzolasyon Ormanı³ gibi anomali tespiti algoritmaları, ihale sözleşmelerinde yapılan olağandışı değişiklikleri belirleyerek yolsuzluk işaretlerini yakalamakta kullanılabilmektedir (Torres-Berru ve López Batista, 2021: 3).

Latin Amerika'dan güçlü bir örnek Ekvador'dur. Bu ülkede teknik puanlamaya dayalı kayırmacılığı belirlemek amacıyla geliştirilen YZ modelinde kümeleme (k-ortalama) ve öz-organize haritalarla (SOM) ihaleler gruplanmış; ardından Destek Vektör Makineleri (SVM) tabanlı yarı denetimli model, anormal puanlama vakalarını %95 doğrulukla tespit etmiştir. Model özellikle ekonomik teklif ağırlığının %1'in altına çekildiği ve teknik kriterlerin şişirildiği "sıfır ekonomik teklif" kümelerini açığa çıkarmış; bu durum belirli tedarikçilerin kayırıldığı ihalelerin otomatik olarak saptanmasını sağlamıştır (Torres-Berru ve López Batista, 2021).

Avrupa ve Asya ülkelerinde de benzer gelişmeler mevcuttur. Singapur'da denetçiler, farklı yolsuzluk tiplerini otomatik olarak analiz eden ve açıklanabilir sonuç üreten bir YZ sistemi geliştirmiştir (Westerski vd., 2021: 3277). Slovenya'da kamu alımlarının anlamlandırılması için semantik analiz sistemleri ile ihale verilerindeki olağandışı örüntüleri izlemeye yönelik makine öğrenmesi tabanlı pilot projeler kullanılmaktadır (Mozina ve Renko, 2025: 793).

Brezilya, yapay zekânın kamu harcama denetimine entegrasyonunda en erken ve en sistematik adımları atan ülkelerden biridir. Federal iç denetim birimi (CGU) ve Sayıştay (TCU), ihale yolsuzluklarını tespit etmek amacıyla Alice, Monica ve Sofia gibi YZ tabanlı araçlar geliştirmiştir (Azevedo vd., 2022: 23). Python ile oluşturulan Alice, Naive Bayes ve düzenli ifadeler kullanarak ihale ilanlarını günlük olarak taramakta, tedarikçiler, fiyatlar ve koşullar arasındaki tutarsızlıkları analiz ederek kartel belirtilerini otomatik saptamaktadır (Odilla,

3- İzolasyon Ormanı algoritması, karar ağacı mantığına dayalı bir yöntemdir ve veriler arasındaki uzaklıklardan yararlanarak çalışır. Çoğu anomali tespit yönteminde amaç, normal verilerin genel yapısını öğrenmek ve bu yapıdan uzaklaşan değerleri "anomali" olarak işaretlemektir (Erdem ve Bakır, 2023: 724). İzolasyon Ormanı'nda ise yaklaşım farklıdır. Burada esas amaç, veri setinde az sayıda bulunan ve diğerlerinden belirgin şekilde ayrılan anormal noktaları ortaya çıkarmaktır (Liu vd., 2008: 1).

2023: 384-393). Alice'in test doğruluğu %88, operasyonel doğruluğu ise yaklaşık %74 olup; Goiás'ta iki ihalenin iptal edilmesi ve Roraima'da ilanların yeniden düzenlenmesi gibi somut müdahalelere imkân sağlamıştır (Odilla, 2023: 379). Monica sistemi kurumlar arası satın alma verilerini bütünleştirerek gerçek zamanlı izleme sunarken, Sofia denetçilere risk odaklı yönlendirmeler sağlamaktadır (Azevedo vd., 2022: 23). Benzer biçimde Filipinler ve Hindistan'da da e-ihale portallarında YZ kullanımı yaygınlaşmakta; Hindistan'ın Government e-Marketplace platformu piyasa analizini ve tedarikçi değerlendirmesini otomatikleştirmek amacıyla YZ uygulamalarını devreye almaktadır (Verma ve Verma, 2024: 3). Bu örnekler, YZ'nin ihale süreçlerinde şeffaflık ve hesap verebilirliği güçlendirme kapasitesini göstermektedir.

1.1.2. Bütçe İzleme ve Mali Denetimde Yapay Zekâ

Kamu maliyesinin temel unsurlarından biri olan bütçe planlaması ve harcama takibi, yapay zekâ uygulamalarından önemli ölçüde yararlanabilecek bir alandır. YZ modelleri, geçmiş harcama kalıpları ve bütçe gerçekleştirmelerini analiz ederek daha isabetli tahminler üretebilmekte ve sapmaları erken aşamada belirleyebilmektedir. Nitekim İsviçre mali verileri üzerinde yapılan deneysel bir çalışma, makine öğrenimi modellerinin kamu bütçesi gerçekleştirmelerini insan uzmanlardan daha doğru öngördüğünü ortaya koymuştur. Açık mali verilerle eğitilen model, önceki tahminlerde görülen aşırı "ihtiyat payı" olgusunu azaltarak daha gerçekçi gelir-gider projeksiyonları sunmuş; bütçe yapıcılarının bu tahminleri dikkate alması durumunda gereksiz ödenek bırakma eğiliminin belirgin biçimde azaldığı gözlemlenmiştir (Santschi vd., 2024: 5-6). Bu durum, YZ ve insan iş birliğinin bütçe planlama süreçlerinde daha dengeli ve etkin kaynak tahsisine katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Brezilya, Slovenya, Hindistan ve İtalya'da YZ; kamu harcamalarının izlenmesi, vergi kaçakçılığı ve usulsüzlük tespitinde etkin biçimde kullanılmaktadır. Örneğin Slovenya FURS, makine öğrenimiyle KDV ve kurumlar vergisi beyannamelerine risk skoru vererek denetimleri yüksek riskli mükelleflere yönlendirmektedir (Mozina ve Renko, 2025: 793-794). Benzer biçimde İtalya'da makine öğrenimi temelli denetim seçimi, klasik yöntemle göre vergi kaçağı tespitini %39 artırmıştır (Battaglini vd., 2025: 4). Bu çalışma, mevcut denetim planındaki en düşük getirili %10'luk denetimlerin yerine YZ'nin önerdiği mükelleflerin denetlenmesi durumunda, devlete intikal eden vergi gelirlerinde kayda değer artış olduğunu ortaya koymuştur (Battaglini vd., 2025:

28-29). ABD ve Avrupa'daki denetim kurumları da benzer şekilde YZ ve büyük veri analitiğini benimsemektedir. Ayrıca ABD Hazine Bakanlığı, sahtekârlık ve hatalı ödemeleri tespit için makine öğrenimi tabanlı anomali tespit süreçleri uygulamaya koyduğunu duyurmuştur (U.S.Department of the Treasury, 2024). Dolayısıyla YZ, sadece harcama tarafında değil, gelir tarafında da (ör. vergi denetimleri) kamu maliyesine önemli katkılar sağlayabilecek bir araçtır.

1.1.3. Uluslararası Uygulamalar Işığında Avantajlar, Fırsatlar ve Sınırlılıklar

Yapay zekâ, büyük ve dağınık veri setlerini insan kapasitesini aşan hızda analiz ederek güçlü avantajlar sunmaktadır. Brezilya'daki Alice botu, her gün binlerce ihale ve harcama verisini tarayarak insan denetçilerin kaçırabileceği ilişkileri ortaya koymaktadır (Odilla, 2023: 354). Bu sayede usulsüzlükler daha gerçekleşmeden önleyici müdahale imkânı doğmaktadır.

YZ destekli sistemler, denetim ve kontrol süreçlerinde verimliliği yükseltmekte ve insan karar vericilere akıllı karar destek araçları sunmaktadır (Genaro-Moya vd., 2025: 1-2). Temelde YZ'nin rutin veri analizi işlerini devralarak denetçilere daha stratejik görevlere odaklanma fırsatı vereceği düşünülmektedir. Örneğin, bir ihalede anormal bir fiyat dalgalanması ya da belli bir firmanın sistematik olarak farklı ihalelerde kazanması gibi ağ ilişkilerini YZ anında fark edip raporlayarak denetçilerin incelemesine sunmaktadır (Odilla, 2023: 373). Bu insan-YZ iş birliği, karar kalitesini artırmak için de kullanılabilir. İsviçre bütçe çalışmasında görüldüğü üzere, YZ'nin öngörülleri insan uzmanların tecrübeleriyle birleştirildiğinde bütçe hataları azalmakta ve daha gerçekçi hedefler konabilmektedir (Santschi vd., 2024: 7). YZ ayrıca önceden tespit edilemeyen karmaşık yolsuzluk şemalarını (ör. paravan şirket ağları, çapraz finansman döngüleri) ortaya çıkarmada güçlü bir araç olarak değerlendirilmektedir.

YZ uygulamalarının bir diğer önemli faydası da şeffaflık ve hesap verebilirliği teşvik etmesidir. Açık veri platformlarıyla birleştiğinde, YZ algoritmaları vatandaşlara ve sivil toplum kuruluşlarına kamuda olup biteni izleme ve anomalileri bulma imkânı verebilir. Nitekim literatürde, "aşağıdan yukarıya" (bottom-up) yaklaşım denen ve vatandaşların kullanımına sunulan YZ destekli şeffaflık araçlarının, yöneticiler üzerindeki kamuoyu denetimini güçlendirdiği vurgulanmıştır (Köbis vd., 2022). Bu sayede sadece denetim

kurumları değil, geniş toplum kesimleri de yapay zekânın sağladığı içgörülerle kamu harcamalarını mercek altına alabilmektedir. Örneğin, bazı ülkelerde gönüllü aktivistler ve gazeteciler, açık bütçe verilerini işleyen sohbet botları ve gösterge panoları geliştirerek vatandaşların bütçe kalemlerini kolayca sorgulayabilmesini sağlamıştır (Tordecilla, 2024). Böylece YZ, yolsuzluğun tespitini hızlandırmanın yanı sıra kamu hizmeti sunumunda etkinlik ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını da desteklemektedir (Andhov vd., 2025: 14).

Her ne kadar yapay zekâ kamu mali yönetiminde umut vadetse de literatürde önemli sınırlılık ve riskler de vurgulanmaktadır. İlk olarak, veri kalitesi ve erişimi ciddi bir engel olabilir. Birçok çalışma, YZ modellerinin başarısının kaliteli ve bütüncül verilere bağlı olduğunu; ancak pek çok ülkede kamu harcama verilerinin dağınık, eksik veya kapalı olduğunu belirtmektedir. Örneğin, sistematik bir derleme, açık ve paylaşılabılır kamu ihale veri setlerinin eksikliğinin, önerilen YZ yöntemlerinin gerçek hayatta uygulanmasını zorlaştırdığını vurgulamıştır (Schneider dos Santos vd., 2025: 28). Bir başka örnek olarak Brezilya’da vatandaş girişimleri, açık veri üzerinden yolsuzluk tespit etmeye çalışsa da veriye sınırlı erişim nedeniyle ölçeklenme sorunu yaşamıştır (Odilla, 2023: 370).

İkinci olarak, YZ sistemlerinin şeffaflığı ve açıklanabilirliği konusunda endişeler bulunmaktadır. Kamu sektöründe kararların hesap verebilir olması gerektiğinden, “kara kutu” niteliğindeki algoritmaların sonuçlarına itiraz etmek veya anlamlandırmak güç olabilir (Andhov vd., 2025: 3). Örneğin Brezilya’da bazı denetim birimleri, YZ araçlarının ürettiği uyarıların mantığını tam anlamadıkları için başlangıçta bu sistemlere düşük güven duymuşlardır (Odilla, 2023: 372). YZ’nin tavsiyelerine aşırı güvenmek de ayrı bir risk teşkil eder: İnsan denetçiler, algoritmanın atladığı bir hususu fark etmeyebilir veya yanlış bir pozitif uyarı yüzünden gereksiz zaman harcayabilir. Nitekim TCU (Brezilya Sayıştayı) deneyiminde, Alice botunun günde yüzlerce uyarı üretmesi sonucu denetçilerin “alarm yorgunluğu” yaşadığı ve tüm uyarıları doğrulamakta zorlandığı raporlanmıştır (Odilla, 2023: 376-377). Bu durum, sinyal-gürültü oranını iyileştirecek ek önlemler alınmadığında YZ araçlarının beklenen faydayı tam sağlayamamasına yol açabilir.

YZ uygulamalarının önyargı ve ayrımcılık riski de önemli bir tartışma konusudur. Yapay zekâ – etik literatürü, algoritmaların eğitildiği verilerdeki tarihsel eşitsizlik ve önyargıların, farkında olunmadan modele yansıtılabileceğini

ortaya koymaktadır (Genaro-Moya vd., 2025: 6). Kamu harcama denetiminde bu, örneğin sadece küçük ölçekli tedarikçilere odaklanan bir modelin büyük firmaların usulsüzlüklerini gözden kaırması ya da belirli bölgelerdeki harcamaları riskli sayıp sistematik olarak dışlaması şeklinde tezahür edebilir. Odilla (2024) tarafından incelenen Brezilya örneklerinde, geliştiricilerin varsayımları ve kurumsal pratikler nedeniyle bazı YZ anti-yolsuzluk araçlarının adaletsiz sonuçlar üretebildiği gösterilmiştir. Özellikle hatalı veya önyargılı veriyle eğitilen YZ modellerinin, var olan eşitsizlikleri pekiştirebileceği uyarısı yapılmaktadır. Bu nedenle, YZ tabanlı denetim sistemlerinin dış denetime açık, şeffaf algoritmalarla ve önyargı giderme teknikleriyle tasarlanması gereklidir (Odilla, 2024: 28)

Son olarak, kurumsal ve yasal zorluklar da YZ'nin benimsenmesini etkileyebilir. Birçok kamu kurumu, gerekli teknik uzmanlığa veya altyapıya sahip olmayabilir. Ayrıca, YZ kullanımı kamu yönetiminde yeni yasal düzenleme ve etik standartlar gerektirmektedir. Slovenya örneğinde, YZ'nin kamu yönetiminde kullanımına dair kapsamlı bir yasal çerçevenin henüz oluşturulmadığı, mevcut genel idare ve veri koruma yasalarıyla yetinildiği belirtilmiştir (Mozina ve Renko, 2025: 802-803). Bu durum, hesap verebilirlik, veri gizliliği, sorumluluk paylaşımı konularında belirsizlik yaratabilir. Örneğin bir YZ sistemi yanlış bir yolsuzluk alarmı verirse, bunun hukuki sonuçlarının nasıl yönetileceği henüz net değildir. ABD Hükümet Hesap Verebilirlik Ofisi (GAO) de federal kurumlarda YZ kullanımının ancak uygun denetim ve hesap verebilirlik çerçeveleri ile desteklenirse güvenilir olacağını vurgulayarak, kamu kurumları için YZ denetim rehberleri yayınlamıştır (GAO, 2021).

1.2. Akademik Çalışmalar

2020 sonrası literatürde, kamu mali yönetimi alanında YZ uygulamalarını inceleyen çok sayıda çalışma ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalar, anomali ve usulsüzlük tespiti, veri madenciliği ile karar destek sistemleri, açıklanabilir yapay zekâ ve şeffaflık ile etik ve yönetim boyutları gibi alt temalarda yoğunlaşmaktadır. Aşağıda, her bir tema altında öne çıkan akademik bulgular özetlenmektedir.

1.2.1. Yapay Zekâ ile Anomali Tespiti, Veri Madenciliği ve Karar Destek Sistemleri

Kamu mali yönetimi ve denetiminde yapay zekâ uygulamaları, büyük veri setlerinde anomali tespiti, usulsüzlüklerin belirlenmesi ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi gibi analitik süreçlerde yoğunlaşmaktadır. Bu kapsamda literatür, hem veri madenciliği ve makine öğrenmesi tekniklerinin ihale ve harcama verilerindeki olağandışı örüntüleri saptamada etkinliğini, hem de bu tekniklerin karar alma süreçlerinde denetçilere sağladığı desteği ortaya koymaktadır.

Kamu harcamalarının denetimi ve kamu ihalelerinde usulsüzlüklerin belirlenmesinde genel olarak YZ tabanlı anomali tespit yöntemleri araştırılmıştır. Özellikle makine öğrenmesi teknikleri, ihale süreçlerindeki kartelleşme ve ihaleye fesat karıştırma gibi vakaları saptamada başarılı bulunmuştur. Santos ve arkadaşlarının (2025) kamu ihale yolsuzluklarına dair 93 çalışmayı içeren sistematik derlemesi, literatürdeki çalışmaların çoğunun ihale verilerinde anormal modelleri yakalamak için denetimsiz öğrenme, kümeleme ve ağ analizi gibi yöntemlere başvurduğunu göstermektedir. Nitekim aynı çalışmada, veri madenciliği teknikleriyle ihalelerdeki kayırmacılık göstergelerinin (örneğin, belirli şirketlerin sürekli kazanması) istatistiksel anomali analizleriyle tespit edilebildiğini belirtmiştir.

Ayrıca, çeşitli çalışmalar YZ ile sahtecilik ve yolsuzluk tespitinde önemli ilerlemeler raporlamıştır. Örneğin, Tas (2024), sınırlı veriyle ihale usulsüzlüğü belirlemek üzere yeni bir makine öğrenmesi algoritması geliştirmiş ve bu yöntemle Türkiye ve Avrupa'daki kamu alımlarının %4–6'sında olası kartel davranışı saptamıştır (Tas, 2024: 1932-1933). Bu çalışma, kartelleşme nedeniyle kamu alım maliyetlerinin %3–7 oranında arttığını ortaya koyarak, YZ destekli denetim araçlarının mali kayıpları önleme potansiyeline dikkat çekmektedir. Benzer şekilde, Wiradinata ve arkadaşları (2023), denetçiler için geliştirdikleri bir araçta Benford yasası ve kümeleme analizini birleştirerek finansal işlemlerdeki usulsüzlükleri %90'ın üzerinde doğrulukla tespit edebilmişlerdir. Bu bulgular, YZ'nin hile denetimi ve yolsuzlukla mücadelede geleneksel yöntemleri tamamlayıcı güçlü bir araç olduğunu göstermektedir.

Kamu mali yönetiminde YZ, büyük ölçekli verilerin analizini kolaylaştırarak karar destek sistemlerine entegre edilmektedir. Paul (2025), küresel uygulamaları incelediği çalışmasında YZ teknolojilerinin kamu finansmanı yönetiminde gelişmiş veri analitiği, öngörücü modelleme, sahtekârlık tespiti ve

süreç otomasyonu yoluyla dönüşüm yaratabileceğini vurgulamıştır. YZ tabanlı sistemler sayesinde geçmiş harcama verileri ve ekonomik göstergeler analiz edilerek bütçe tahminleri daha isabetli yapılabilmekte, riskli eğilimler önceden saptanarak yöneticilere karar desteği sağlanmaktadır (Paul, 2025: 1). Nitekim Aldemir ve Uçma Uysal (2025), YZ uygulamalarının finansal raporlamada karar alma hızını ve doğruluğunu artırdığını, operasyonel verimliliği yükselttiğini belirtmektedir.

Veri madenciliği ve doğal dil işleme (NLP) tekniklerinin de kamu maliyesine entegrasyonu artmıştır. Guariso, Guerrero ve Castaneda (2023), kamu bütçelerini Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)'na otomatik olarak etiketlemek için NLP tabanlı bir sistem denemiştir. Geliştirdikleri model, metin madenciliği ile bütçe programlarını ilgili SKA hedeflerine yüksek doğrulukla eşleyebilmiştir; ancak farklı ülkelerdeki kurumsal yapılar genellemeye zorluklar yaşandığı, dolayısıyla yerel uyarılmanın şart olduğu belirtilmektedir. Bu çalışma, YZ'nin bütçe izleme ve performans değerlendirme süreçlerinde yeni ufuklar açarken, modellerin kurumların bağlamına duyarlı tasarlanması gerektiğinin altını çizmektedir. Benzer şekilde, Fernandez-Cortez vd. (2020) Meksika federal yönetiminde akıllı bütçeleme üzerine yaptıkları incelemede, YZ destekli sistemlerin kamu harcamalarını stratejik hedeflerle eşleştirmede önemli faydalar sağladığını raporlamışlardır.

Literatürde, veri bilimi kullanımının kamu muhasebesi ve raporlama pratiklerini nasıl dönüştürdüğüne dair değerlendirmeler de yer almaktadır. Agostino, Lourenço, Jorge ve Bracci (2025), veri biliminin kamusal finansal raporlama ve denetim üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, büyük veri analitiğinin hesap verebilirlik mekanizmalarını güçlendirebileceğini ancak kamu sektöründe bu teknolojilerin etkin kullanımının yetkinlik ve altyapı gereksinimleri doğurduğunu belirtmişlerdir.

1.2.2. Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Şeffaflık

Kamu kurumlarında YZ kullanımıyla birlikte, açıklanabilir yapay zekâ (XAI) ve şeffaflık konusu akademik tartışmaların merkezine yerleşmiştir. Karar alma süreçlerinde YZ'ye duyulan güvenin tesisi için modellerin sonuçları açıklayabilmesi kritik görülmektedir. De Fine Licht ve de Fine Licht (2020), kamu kararlarında YZ kullanılmasının meşruiyet açısından riskler barındırdığını, ancak kararların gerekçelerinin anlaşılabilir kılınması halinde vatandaşların YZ destekli kararlara daha fazla güven duyacaklarını savunmaktadır. Benzer şekilde, Mehdiyev vd. (2021), vergi denetiminde XAI uygulamalarını ele

aldıkları çalışmalarında, farklı paydaşların farklı açıklama ihtiyaçları olduğunu vurgulamışlardır. Denetçiler, yöneticiler, vatandaşlar ve düzenleyiciler gibi grupların her biri için YZ sisteminin kararlarını farklı düzeylerde (küresel ve yerel açıklamalar) izah edebilen çözümler geliştirilmesi gereklidir. Bu çalışma, vergi denetimi bağlamında XAI'nın çok katmanlı bir yaklaşım gerektirdiğini, açıklamaların kullanıcı profiline ve amacına göre uyarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Şeffaflık da YZ uygulamalarında çok önemli değerlerden birisidir. Kamu yönetiminde YZ algoritmalarının kara kutu şeklinde çalışması, hesap verilebilirlik ilkesiyle çelişebilmektedir. Literatürde yaygın kanı, YZ'nin kamu kesiminde başarılı olabilmesi için algoritmik şeffaflık ve anlaşılabilirlik kriterlerinin tasarım aşamasından itibaren gözetilmesi yönündedir. Aksi takdirde, YZ kararlarının gerçekleştirilmemesi, vatandaş nezdinde güven sorunlarına ve yönetişimde meşruiyet kayıplarına yol açabilecektir.

1.2.3. Etik ve Yönetişim Boyutları

YZ uygulamalarının kamu maliyesine entegrasyonu ile birlikte etik ve yönetim boyutları üzerine de önemli akademik tartışmalar gelişmiştir. Birçok çalışma, YZ kullanımının getirdiği önyargı, adalet ve hesap verebilirlik sorunlarına dikkat çekmektedir. Algoritmaların, eğitildikleri veri setlerindeki sistematik önyargıları yansıtarak dezavantajlı grupları ayrımcılığa maruz bırakma riski olduğu vurgulanmaktadır (Seco, 2023). Bu nedenle kamu verilerinin temsiliyetine dikkat edilmesi ve algoritmik sonuçların insan denetimiyle değerlendirilmesi önerilmektedir. Akinrinola vd. (2024), YZ geliştirme sürecindeki etik ikilemleri ele aldıkları çalışmalarında, şeffaflık, adillik ve hesap verebilirlik için stratejiler geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Öte yandan, veri gizliliği ve kişisel verilerin korunması da kamu sektöründe YZ kullanımında öne çıkan etik konulardandır. Aldemir ve Uçma Uysal (2025), kamu yönetiminde YZ entegrasyonunun, güçlü etik çerçeveler ve veri yönetimi politikalarıyla desteklenmediği takdirde vatandaş mahremiyetini tehlikeye atabileceğini belirtmektedir. Bu bağlamda, çalışmalar YZ projelerinde etik kurallar ve yasal düzenlemeler ile uyumlu hareket edilmesi gerektiğini savunmaktadır. Godz ve arkadaşları (2025), kamu denetim birimlerinde YZ'nin yaygınlaşmasının önündeki en büyük sorunların veri eksikliği, yeterli insan kaynağı olmaması ve temkinli örgüt kültürü olduğunu belirtmektedir.

YZ tabanlı denetim sistemlerinin güvenilirliği; kaliteli veri, etik ilkelere bağlılık ve algoritmik şeffaflıkla doğrudan ilişkilidir. Veri kalitesinin düşük olması yanlış pozitif sonuçlara yol açarak denetim süreçlerini zayıflatır. Etik açıdan adalet, tarafsızlık ve hesap verebilirlik ilkeleri gözetilmeli; algoritmaların kararları mutlaka insan denetçilerin mesleki muhakemesiyle desteklenmelidir. Ayrıca algoritmaların açıklanabilir olması, hem iç denetimde hem de kamu nezdinde güvenin temelini oluşturur. Bu nedenle YZ sistemleri sadece teknik değil, etik ve yönetim boyutlarıyla da güçlü bir zemine oturtulmalıdır.

Sonuç olarak, akademik çalışmalar YZ'nin kamu mali yönetimi ve denetiminde büyük fırsatlar sunduğunu, ancak bunun yanında önemli etik ve yönetim sorumlulukları getirdiğini göstermektedir. Algoritmik şeffaflık, hesap verebilirlik, veri güvenliği ve adalet ilkelerinin sağlanması, YZ uygulamalarının başarısı için belirleyici olacaktır. Gelecekte, literatürün de önerdiği üzere, kamuda YZ kullanımına yönelik daha açıklanabilir, etik kodlara bağlı ve insan-merkezli yaklaşımların geliştirilmesi kritik önem taşıyacaktır. Bu sayede, yapay zekâ teknolojileri kamu maliyesinde verimliliği ve doğruluğu artırırken, demokratik değerlerle uyumlu ve toplumsal güveni pekiştirici bir şekilde kullanılabilir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, kamu harcama denetiminde yapay zekâ (YZ) uygulamalarının rolünü değerlendirmek amacıyla iki aşamalı bir yöntemsel yaklaşım benimsemiştir.

2.1. Literatür Taraması

Öncelikle, 2020 sonrası yayımlanan akademik makaleler, raporlar ve uluslararası kuruluşların (OECD, Dünya Bankası, Avrupa Sayıştay vb.) yayımladığı belgeler sistematik biçimde incelenmiştir. Tarama, Scopus, Web of Science, Google Scholar ve ilgili veri tabanlarında "artificial intelligence", "public expenditure auditing", "anomaly detection", "fraud detection in public finance" gibi anahtar kelimeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya yalnızca kamu harcama denetimine doğrudan odaklanan ve metodolojik katkı sunan yayınlar dahil edilmiştir. Bu sayede YZ'nin kamu mali yönetimi ve denetimindeki işlevleri, avantajları, sınırlılıkları ve etik sorunları üzerine uluslararası akademik perspektifler ortaya konulmuştur.

2.2. Türkiye Deneyimi – İkincil Veri Analizi

Türkiye Sayıştay, anayasal bir üst denetim organı olarak kamu idarelerinin tüm mali faaliyet, karar ve işlemlerini 6085 sayılı Kanun çerçevesinde düzenlilik, performans ve uygunluk denetimleri yoluyla incelemekte; sonuçları Türkiye Büyük Millet Meclisine sunarak hesap verebilirliğe katkı sağlamaktadır. Son yıllarda kurum, SayCAP ve Dijital Mevzuat Asistanı gibi projelerle denetim süreçlerini dijitalleştirmiş; veri bütünlüğünü artıran ve otomatik analiz kapasitesini güçlendiren bir dönüşüm sürecine girmiştir (Kurban vd., 2023; Uylaş, 2025). Ayrıca yürütülen yapay zekâ odaklı pilot çalışmalar, YZ'nin denetim süreçlerine entegrasyonuna yönelik kurumsal kapasitenin kademeli biçimde oluştuğunu göstermektedir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise Sayıştayın 2022–2023 düzenlilik denetimi bulguları incelenerek hata türleri ve idare gruplarına göre dağılımlar tablolastırılmış; amaç, YZ'nin hangi hata türlerine uygulanabileceğini somut verilerle belirlemektir.

2.3. Karşılaştırmalı Analiz

Son olarak, Türkiye verileri uluslararası uygulamalarla karşılaştırılmıştır. Brezilya, Slovenya, ABD ve Hindistan gibi ülkelerde kullanılan YZ araçlarının işlevleri ile Sayıştay bulgularında öne çıkan hata türleri eşleştirilmiş, benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuştur. Böylece, YZ'nin Türkiye'de uygulanabilirliği ve uluslararası iyi uygulamalarla uyumu kavramsal düzeyde test edilmiştir.

3. ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER

3.1. Sayıştay Verileri

2022 ve 2023 yıllarına ait Sayıştay düzenlilik denetimleri kapsamında kamu idarelerinde tespit edilen hata ve uyumsuzluklara ilişkin bulguların özet niteliğindeki dağılımı Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo, denetim sonuçlarında öne çıkan sorun alanlarını karşılaştırmalı biçimde ortaya koyarak kamu mali yönetiminde yapısal nitelikteki risklere ilişkin kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

Tablo 1: Hata ve Bütçe Türü İtibarıyla Bulgu Sayıları (2022-2023)

Bütçe Türü	Mali Rapor ve Tablolara İlişkin Hatalar		Mevzuata Uygunluk Hataları		İç Kontrol Sistemi Hataları		TOPLAM		Değişim (%)
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022-2023
Genel Bütçeli İdareler	185	155	230	161	17	8	432	324	-25
Özel Bütçeli İdareler (YÖK, Üniv.)	324	182	581	550	57	60	962	792	-17.7
Özel Bütçeli Diğer İdareler	109	72	163	121	21	6	293	199	-32.1
Düzenleyici ve Denetleyici Kurumlar	13	14	11	17	3	4	27	35	29.6
Mahalli İdareler	1,375	1,539	3,728	4,610	85	166	5,188	6,135	18.3
Sosyal Güvenlik Kurumları	26	23	32	17	2	1	60	41	-31.7
Döner Sermaye İşletmeleri	81	99	194	193	13	8	288	300	4.2
Diğer İdareler	134	182	438	547	14	20	586	749	27.8
GENEL TOPLAM	2.247	2.266	5.377	6.216	212	273	7.836	8.755	11.7

Kaynak: Sayıştay Raporu, 2022-2023

Tablo 1'deki bulgular, 2022–2023 döneminde toplam bulgu sayısının %11,7 oranında artarak 8.755'e yükseldiğini göstermektedir. Mevzuata uygunluk hatalarındaki %15,6'lık ve iç kontrol hatalarındaki %28,8'lik artış, kamu idarelerinde süreç tasarımına yerleşmiş yapısal zafiyetlerin devam ettiğini ortaya koymaktadır. Bu görünüm, örneklem temelli geleneksel denetim anlayışının geniş veri hacimleri karşısında yetersiz kaldığını; tam veri incelemesine dayalı yapay zekâ destekli denetim modellerinin kurumsal bir gereklilik haline geldiğini göstermektedir.

Bütçe türlerine göre dağılım incelendiğinde, mahallî idarelerin her iki yılda da en yüksek bulgu sayısına sahip olması (2023'te %18,3 artış), taşınmaz yönetimi ve ihale süreçleri gibi operasyonel alanlarda kontrol mekanizmalarının sınırlı işlediğini göstermektedir. Bu alanlarda makine öğrenmesi, anomali tespiti ve NLP tabanlı belge analizleri, hataların erken aşamada belirlenmesi açısından yüksek potansiyel taşımaktadır. Buna karşılık, özel bütçeli idarelerde görülen

düşüş kısmi bir iyileşmeye işaret etmekle birlikte, riskin sürekli izlenmesine yönelik YZ destekli erken uyarı sistemlerine ihtiyaç devam etmektedir. Düzenleyici-denetleyici kurumlarda ve döner sermaye işletmelerinde bulgu sayısındaki artış ise süreç akışlarında veri bütünlüğü sorunlarının sürdüğünü göstermektedir.

Tablo 1 genel eğilimleri ortaya koyarken, Tablo 2 hata türlerinin hangi muhasebe alanlarında yoğunlaştığını göstererek YZ tabanlı sürekli denetim teknikleriyle ilişkili risk alanlarını daha görünür kılmaktadır.

Tablo 2: Malî Rapor ve Tablolara İlişkin En Fazla Tespit Edilen On Konu (2022-2023)

	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim (%)
		2022	2023	2022-2023
1	Tahsis Edilen ve Tahsisli Kullanılan Taşınmazların Muhasebe Kayıtlarının Yapılmaması veya Hatalı Yapılması	88	98	11.36
2	Yazılım, Lisans, Patent, Telif Hakkı, Harita Plan ve Proje Alımları Niteliğindeki Gayrimaddi Hak Alımlarının Haklar Hesabında Muhasebeleştirilmemesi	72	87	20.83
3	Maddi Duran Varlıklar İçin Amortisman Ayrılmaması veya Amortismanların Hatalı Hesaplanması	66	79	19.7
4	Tapu Kayıtlarında İdare Adına Kayıtlı Olan Taşınmazların Kurum Mali Tablolarında Yer Almaması (Fiili Envanter İşlemlerinin Tamamlanmaması)	65	67	3.08
5	Kıdem Tazminatı Karşılıklarının Ayrılmaması	64	59	-7.81
6	Maddi Duran Varlıklara İlişkin Değer Artırıcı Harcamaların İlgili Maddi Duran Varlık Hesaplarında İzlenmeyerek Doğrudan Giderleştirilmesi	55	48	-12.73
7	Yapılmakta Olan Yatırımlar Hesabında Kayıtlı Olan Tutarlardan Tamamlanan/ Geçici Kabulü Yapılanların İlgili Varlık Hesabına Aktarılmaması	41	33	-19.51
8	Faaliyet Konusu Olmayan Giderlere İlişkin Katma Değer Vergisinin İndirim Konusu Yapılması	21	28	33.33
9	Kamu İdaresinin Ortağı Olduğu Kuruluşlarda Bulunan Sermayesi ile Mal ve Hizmet Üreten Kuruluşlara Yatırılan Sermayeler Hesabının Borç Bakiyesinin Uyumsuz Olması / Hurdaya Ayrılan Varlıkların Muhasebeleştirilmemesi	23	27	17.39
10	Peşin Tahsil Edilen Gelecek Dönem Gelirlerinin Gelecek Aylara / Yıllara Ait Gelirler Hesaplarında Muhasebeleştirilmemesi	-	25	-

Kaynak: Sayıştay Raporu, 2022-2023

Tablo 2'deki bulgular, 2022 ve 2023 yıllarında en sık tespit edilen bulguların aynı hata türlerinde yoğunlaşmasının, özellikle taşınmaz ve varlık yönetimi alanlarında süreklilik gösteren yapısal zafiyetlere işaret ettiğini göstermektedir. %10–30 aralığındaki artış oranları, hata üretiminin bireysel uygulama hatalarından ziyade süreç tasarımı için sistematik sorunlardan kaynaklandığını ve bu alanların yüksek maddi önem taşıyan risk odakları niteliği taşıdığını ortaya koymaktadır. Taşınmaz kayıtları ile tapu-muhasebe

uyumsuzluklarında devam eden artış, veri bütünlüğü ve sistem entegrasyonu eksikliğinin sürdüğünü ve mali tablo güvenilirliğini zayıflattığını göstermektedir. Bu nedenle GIS tabanlı veri eşleme ve otomatik varlık doğrulama araçlarının denetime entegrasyonu, yalnızca hata tespitini değil, riskin kaynağında kontrolünü mümkün kılan kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

Amortisman hatalarındaki (%19,7) ve gayrimaddi haklara ilişkin muhasebe yanlışlıklarındaki (%20,83) artış, manuel iş akışlarının hâkimiyetini sürdürdüğünü ve dönemsellik-sınıflandırma hatalarının yapısal nitelik kazandığını göstermektedir. Bu çerçevede kural tabanlı YZ kontrolleri ve NLP destekli belge sınıflandırma sistemleri, yüksek hacimli verilerde görünmeyen maddi hataların erken tespiti açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Buna karşılık bazı bulgulardaki düşüşe rağmen (örneğin kıdem tazminatı karşılıkları %-7,81), yatırımların varlık hesaplarına aktarılmasındaki belirgin gerileme (%-19,51), süreç tasarımındaki sorunların devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca 2023'te ilk kez üst sıralarda yer alan "peşin tahsil edilen gelirlerin yanlış döneme kaydedilmesi" bulgusu, artan işlem hacmi karşısında manuel kontrollerin yetersiz kaldığını ve zaman serisi analitiğine dayalı otomatik dönemsellik kontrollerinin zorunluluk haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak tablo, örneklem temelli klasik denetim yaklaşımının tekrarlayan hata örüntülerini kırmada yetersiz kaldığını; tam veri incelemesine dayalı YZ destekli önleyici ve risk odaklı denetim modellerinin Sayıştay'ın kurumsal denetim kapasitesini anlamlı biçimde güçlendireceğini göstermektedir. Bu çerçevede, YZ ile tespit potansiyeli yüksek ortak hata türlerinin genel bütçe kapsamındaki idarelerdeki görünümü, Tablo 3'te karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 3: Genel Bütçe Kapsamındaki Kamu İdareleri İtibarıyla Malî Rapor ve Tablolara İlişkin En Fazla Tespit Edilen Ortak Konular (2022-2023)

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim (%)
		2022	2023	2022-2023
1	Tahsis Edilen ve Tahsisli Kullanılan Taşınmazlara İlişkin Muhasebe Kayıtlarının Yapılmaması/Hatalı Yapılması	5	5	0
2	Maddi Duran Varlıklar İçin Amortisman Ayrılmaması veya Hatalı Hesaplanması	5	5	0
3	Yapılmakta Olan Yatırımların Tamamlanmasına Rağmen İlgili Varlık Hesabına Aktarılmaması	6	4	-33.33

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim (%)
		2022	2023	2022-2023
4	Gayrimaddi Hak Alımlarının Haklar Hesabında Muhasebeleştirilmemesi	4	10	150
5	Tapu Kayıtlarında İdare Adına Görünen Taşınmazların Mali Tablolara Yansımaması (Fiili Envanter İşlemlerinin Tamamlanmaması)	2	2	0

Kaynak: Sayıştay Raporu, 2022-2023

Tablo 3'teki bulgular, genel bütçe kapsamındaki idarelerde hata türlerinin 2022 ve 2023 arasında büyük ölçüde değişmediğini göstermekte; taşınmaz kayıtları ve amortisman uygulamalarındaki değişimsiz görünüm (0%) bu alanlarda yapısal sorunların sürdüğünü ortaya koymaktadır. Yatırımların varlık hesaplarına aktarılmasındaki düşüş (%-33,33) kısmi iyileşme sağlasa da süreçlerin tam olarak standartlaşmadığını göstermektedir. Buna karşılık gayrimaddi hak hatalarındaki %150'lik artış, belge sınıflandırma sorunlarının derinleştiğini ve NLP tabanlı çözümlere duyulan ihtiyacı göstermektedir. Bulguların aynı alanlarda yoğunlaşması, kurumsal öğrenme eksikliğine işaret etmekte olup YZ destekli süreç analitiği ve tam veri incelemesine dayalı denetim modellerinin zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Bu değerlendirmelerin ardından mahallî idarelerdeki ortak bulgular Tablo 4'te ele alınmaktadır.

Tablo 4: Mahallî İdareler İtibarıyla Malî Rapor ve Tablolara İlişkin En Fazla Tespit Edilen Ortak Konular (2022-2023)

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim(%)
		2022	2023	2022-2023
1	Tahsis Edilen ve Tahsisli Kullanılan Taşınmazların Tahsise İlişkin Muhasebe Kayıtlarının Yapılmaması/ Hatalı Yapılması	67	81	20.9
2	Tapu Kayıtlarında İdare Adına Kayıtlı Olan Taşınmazların Kurum Mali Tablolarında Yer Almaması (Fiili Envanter İşlemlerinin Tamamlanmaması)	54	57	5.56
3	Maddi Duran Varlıklar İçin Amortisman Ayrılmaması veya Amortismanların Hatalı Hesaplanması	53	67	26.42
4	Kıdem Tazminatı Karşılıklarının Ayrılmaması	39	29	-25.64
5	Yazılım/Lisans/Patent/Telif/Harita Plan ve Proje Niteliğindeki Gayrimaddi Hak Alımlarının Haklar Hesabında Muhasebeleştirilmemesi	36	44	22.22
6	Yapılmakta Olan Yatırımların İlgili Varlık Hesabına Aktarılmaması	24	23	-4.17
7	Faaliyet Konusu Olmayan Giderlere İlişkin KDV'nin İndirim Konusu Yapılması	21	27	28.57

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim(%)
		2022	2023	2022-2023
8	Maddi Duran Varlıklara İlişkin Değer Artırıcı Harcamaların İlgili Varlık Hesaplarında İzlenmeyerek Giderleştirilmesi	21	30	42.86
9	Kamu İdaresinin Ortağı Olunan Kuruluşlara Yatırılan Sermayeler Hesabının Borç Bakiyesinin Uyumsuz Olması	20	23	15

Kaynak: Sayıştay Raporu, 2022-2023

Tablo 4'teki bulgular, mahallî idarelerde hata türlerinin 2022-2023 döneminde benzer alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir. Taşınmaz kayıt hatalarındaki (%20,9) ve tapu-muhasebe uyumsuzluklarındaki (%5,56) artış, taşınmaz yönetiminde veri bütünlüğü sorunlarının sürdüğünü ortaya koymakta; GIS tabanlı doğrulama araçlarının önemini güçlendirmektedir. Amortisman (%26,42) ve gayrimaddi hak hatalarındaki (%22,22) yükseliş, manuel muhasebe süreçlerinin yapısal zafiyetini göstermektedir. Buna karşın bazı bulgularda görülen düşüşler sınırlı iyileşmeye işaret etse de süreçler standartlaşmış değildir. KDV ve değer artırıcı harcama hatalarındaki artış ise işlem kontrollerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede YZ destekli sürekli denetim mekanizmaları, yerel yönetimlerde risklerin kaynağında yönetilmesi için zorunlu görünmektedir. Yükseköğretim idarelerine ilişkin bulgular ise Tablo 5'te karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5: Yükseköğretim Kurulu, Üniversiteler ve Yüksek Teknoloji Enstitüleri İtibarıyla Mali Rapor ve Tablolara İlişkin En Fazla Tespit Edilen Ortak Konular (2022-2023)

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim(%)
		2022	2023	2022-2023
1	Maddi Duran Varlıklara İlişkin Değer Artırıcı Harcamaların İlgili Varlık Hesaplarında İzlenmeyerek Doğrudan Giderleştirilmesi	24	10	-58.33
2	Yazılım/Lisans/Patent/Telif/Harita Plan Vb. Gayrimaddi Hak Alımlarının Haklar Hesabında Muhasebeleştirilmemesi	12	5	-58.33
3	Tahsis Edilen ve Tahsisli Kullanılan Taşınmazlara İlişkin Muhasebe Kayıtlarının Yapılmaması/Hatalı Yapılması	10	6	-40
4	Tapu Kayıtlarında İdare Adına Kayıtlı Taşınmazların Mali Tablolarda Yer Almaması (Fiili Envanter İşlemlerinin Tamamlanmaması)	6	6	0

Sıra	Bulgu Konusu	Kamu İdare Sayısı		Değişim(%)
		2022	2023	2022-2023
5	Yapılmakta Olan Yatırımların Tamamlanmasına Rağmen İlgili Varlık Hesabına Aktarılmaması	9	6	-33.33
6	Kıdem Tazminatı Karşılıklarının Ayrılmaması/ Dönemsellik Uyumsuzluğu	39	3	-92.31

Kaynak: Sayıştay Raporu, 2022-2023

Tablo 5, yükseköğretim idarelerinde en sık karşılaşılan hata türlerinin iki yılda da benzer alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir. Değer artırıcı harcamalar ve gayrimaddi haklara ilişkin hatalardaki belirgin düşüşler (%-58,33), kısmi iyileşmeye rağmen uygulama standartlarının kurumlar arasında hâlâ farklılaştığını ortaya koymaktadır. Tahsisli taşınmaz hatalarındaki azalma da benzer bir eğilim sergilese de tapu-muhasebe uyumsuzluklarının değişmemesi (0%), entegrasyon eksikliğinin devam ettiğini göstermektedir. Yatırımların geç aktarılmasındaki düşüş (%-33,33) sınırlı ilerlemeye işaret ederken, kıdem tazminatı karşılığına ilişkin %-92,31'lik gerileme önemli bir iyileşmeye işaret etmektedir. Genel olarak bulgular, sorunların teknik kayıt hatalarından ziyade süreç tasarımıdaki zafiyetlerden kaynaklandığını ve NLP, GIS ve süreç madenciliği tabanlı YZ çözümlerinin bu alanlarda kritik önem taşıdığını göstermektedir.

Tablolardan elde edilen bulgular, YZ destekli denetim araçlarının hangi hata türlerinde öncelikli uygulanabileceğine dair güçlü göstergeler sunmaktadır. 2022 ve 2023 Sayıştay bulgularına göre, özellikle mevzuata uygunluk ve iç kontrol alanlarında artış görülmekte; manuel denetim bu artan hacmi karşılamada yetersiz kalmaktadır. Mahallî idarelerde ihale, taşınmaz yönetimi, envanter doğruluğu ve veri bütünlüğü gibi alanlarda tekrar eden hatalar, NLP, GIS ve süreç madenciliği çözümlerine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Genel ve özel bütçeli idarelerde kısmi iyileşmeye rağmen amortisman ve tahsisli taşınmaz kayıtlarındaki hatalar yapısal zafiyetlere işaret etmektedir. Bu örüntüler, YZ tabanlı sınıflandırma ve kural tabanlı analiz araçlarının etkili biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, Sayıştay'ın klasik örneklem temelli denetimini tamamlayacak YZ destekli erken uyarı ve sürekli denetim sistemleri, hata tespit kapasitesini artırarak kamu mali yönetiminde hesap verebilirliği güçlendirecektir. Yüksek denetim kurumları, dijital dönüşüm sayesinde denetim süreçlerinde verimlilik, şeffaflık ve hesap verebilirlik

düzeylerini artırarak kamu yönetiminde daha etkili bir rol üstlenebilmektedir (Köse, 2022). Dijital dönüşümü benimseyen yüksek denetim kurumları, denetimlerde önemli avantajlar elde etmekte ve paydaş beklentilerini karşılama kapasitesini artırmaktadır (Yener vd., 2023).

3.2. YZ ile İlişkilendirme

Sayıştay'ın 2022 ve 2023 denetim raporlarında bulguların büyük ölçüde mevzuata uygunluk (%69), mali raporlama (%29) ve sınırlı ölçüde iç kontrol zayıflıkları (%2–3) etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu üç kategori farklı veri türlerine dayandığı için YZ teknikleriyle analiz potansiyeli de değişmektedir:

Mali Raporlama Hataları: Finansal tablolardaki maddi hata ve tutarsızlıkları içeren bu kategori, yapısal veri niteliği sayesinde denetimli öğrenme ve anomali tespiti algoritmalarına uygundur. Makine öğrenimi modelleri, geçmiş denetim verilerinden öğrenerek olağandışı işlemleri otomatik tespit edebilmekte; bazı ülkelerde milyonlarca işlemdeki anormallikler bu yöntemle saptanmaktadır. Sayıştay da harcama verilerini izleyen ve sapmaları erken belirleyen YZ sistemleri geliştirmektedir (T24, 2025). Bu sayede klasik örnekleme yerine tüm verilerin gerçek zamanlı taranması mümkün hâle gelmektedir. Sayısal verilerdeki olağandışı değerleri ya da trend dışı dalgalanmaları belirlemede anomalilik algılama algoritmaları etkilidir. Ancak, her anomali gerçek bir hata olmayabileceğinden, YZ çıktıları bağlam içinde değerlendirilmeli ve mutlaka denetçi muhakemesiyle desteklenmelidir (Genaro-Moya vd., 2025).

Mevzuata Uygunluk Sorunları: Bu hatalar, idarelerin işlemlerinin kanun ve yönetmeliklere aykırılığını ortaya koyar. YZ destekli kural tabanlı sistemler ve doğal dil işleme (NLP) teknikleri bu alanda öne çıkmaktadır. Kural tabanlı sistemler, mevzuat hükümlerini mantıksal kurallara dönüştürerek örneğin harcama belgelerinin limit aşımı ya da ihale adımlarının eksikliği gibi durumları otomatik denetleyebilir. NLP ise sözleşmeler ve denetim raporları gibi metinlerden mevzuata aykırılıkları metin madenciliği yoluyla tespit edebilir. Sayıştay'ın "Dijital Mevzuat Asistanı" projesi, mevzuat taramasını hızlandırmak amacıyla geliştirilen önemli bir örnektir (Uylaş, 2025). Ayrıca Brezilya'daki "Alice" sistemi gibi uygulamalar, ihale verilerinde usulsüzlük emarelerini saptamak için YZ'yi kullanmaktadır. Bununla birlikte, yorum gerektiren, gri alan içeren veya açık kurala bağlanmamış durumlarda algoritmalar yetersiz kalabilir. Bu nedenle,

YZ çıktılarının denetçilerce hukuki bağlamda değerlendirilmesi ve açıklanabilir karar desteği sunması büyük önem taşır (Tulun, 2025: 384).

İç Kontrol Zayıflıkları: Kamu idarelerinin mali yönetim ve iç kontrol sistemlerindeki zayıflıklar bu kategoride yer alır. Nitel unsurlar barındırdığı için ölçülmesi zordur; ancak süreç madenciliği ve denetimsiz öğrenme teknikleri belirli katkılar sunar. Süreç madenciliği, işlem loglarını analiz ederek sapmaları ve kontrol eksiklerini belirleyebilir; örneğin atlanan imza adımları ya da olağandışı hızlı ihaleler tespit edilebilir. Denetimsiz öğrenme yöntemleri de veri setlerindeki alışılmadık kalıpları saptayarak riskli alanları belirleyebilir. Nepal Sayıştay'ının OCR tabanlı uzlaştırma sistemi gibi örnekler, bu tür uygulamaların pratiğe yansımalarını göstermektedir. Ancak her kurumun özgün yapısı, iç kontrol analizinde standart YZ modellerinin etkinliğini sınırlar. İnsan hatası, kurum kültürü gibi faktörler YZ tarafından tam anlaşılamaz. Bu nedenle YZ, iç kontrol alanında destekleyici bir araç olarak görülmeli, nihai yorum insan denetçilere bırakılmalıdır.

Otomatik Analiz Potansiyeli ve Sınırlılıklar: Kamu idarelerinin mali yönetim ve iç kontrol sistemlerindeki zayıflıklar, nitel veriler içerdiğinden YZ ile analiz edilmesi güçtür. Ancak süreç madenciliği ve denetimsiz öğrenme teknikleri bu alanda sınırlı katkılar sunabilir. Süreç loglarının analiz edilmesiyle sapmalar ve atlanan kontrol adımları tespit edilebilir; benzer şekilde, alışılmadık işlem kalıpları riskli alanlara işaret edebilir. Nepal Sayıştay'ının OCR tabanlı sistemleri bu tür uygulamalara örnektir. Yine de, kurumların farklı yapıları, insan hataları ve örgütsel faktörler gibi unsurlar nedeniyle iç kontrol analizinde YZ yalnızca destekleyici bir araç olarak değerlendirilmelidir.

YZ destekli sistemlerin denetimde etkin ve meşru kullanılabilmesi, veri kalitesi, açıklanabilirlik ve hesap verebilirlik ilkelerine bağlıdır. "Kara kutu" niteliğindeki algoritmalar, yasal sorumluluk bağlamında sorun yaratabilir; bu nedenle Sayıştay ve GAO gibi kurumlar şeffaflık ve dokümantasyon standartları geliştirmektedir. YZ'nin sunduğu analiz gücü, ancak insan denetçinin uzmanlığı ve etik çerçevesiyle bütünleştirildiğinde güvenilir hâle gelir.

Denetim sürecinin her aşamasında YZ katkı sağlayabilir: Planlamada riskli alanların belirlenmesi, kanıt toplamada büyük veri setlerinin analizi (ör. NLP ve süreç madenciliği), raporlamada açıklanabilir modellerin kullanımı ve izleme aşamasında sürekli denetim mekanizmalarının devreye alınması mümkündür.

Bu yaklaşım, klasik denetimi geçmişe dönük tespit anlayışından anlık risk izleme düzeyine taşır.

Sayıştay bulguları da YZ uygulamalarıyla örtüşmektedir. Örneğin taşınmaz kayıtları, amortisman, kıdem tazminatı gibi yapısal sorunlar, kural tabanlı algoritmalarla ve süreç madenciliğiyle tespit edilebilir. Mevzuata aykırılıklar NLP ile analiz edilebilirken, zamanlama ve dönem hataları öngörüsül modellerle ele alınabilir. YZ sadece hata tespitinde değil, risk önceliklendirmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasında da işlevseldir.

Ancak YZ çıktılarının denetim kanıtı olarak değerlendirilebilmesi için doğruluğu, izlenebilirliği ve açıklanabilirliği şarttır. Algoritmanın önerdiği bulgular, bağımsız kaynaklarla doğrulanmalı ve mesleki muhakeme süzgecinden geçmelidir. Böylece YZ, denetimde nihai karar verici değil, denetçiyi destekleyen analitik bir araç olarak konumlanır.

3.3. Kamu Harcama Denetiminde Yapay Zekâ Entegrasyonu için Kavramsal Model Önerisi

Bu çalışmada ulaşılan bulgular, yapay zekânın (YZ) kamu harcama denetiminde dört temel bileşen üzerinden işlev görebileceğini ortaya koymaktadır: (1) Veri Girdileri, (2) Analitik Süreçler, (3) Denetim Çıktıları, (4) Yönetişim ve Etik Çerçeve.

1. Veri Girdileri: Kamu harcama denetiminde YZ sistemleri; mali tablolar, bütçe gerçekleştirmeleri, ihale dokümanları, muhasebe kayıtları, iç kontrol raporları gibi yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri kaynaklarından beslenir. Bu aşamada veri kalitesi, erişilebilirlik ve bütünlük, modelin başarısı için temel girdilerdir. Doğru veri akışı sistemin en önemli aşamasıdır.
2. Analitik Süreçler: YZ'nin denetim sürecindeki çekirdek aşaması; makine öğrenmesi, doğal dil işleme, süreç madenciliği⁴ ve anomali tespiti algoritmalarının uygulanmasıdır. Bu süreçte, geçmiş denetim verilerinden öğrenen modeller riskli işlem kümelerini, olağandışı örüntüleri ve mevzuata aykırı kayıtları tespit eder.

4- Süreç madenciliği analizi, her bir işlemin kim tarafından, hangi zamanda ve hangi sıklıkla gerçekleştirildiğini inceleyerek bu verileri diğer süreçlerle karşılaştırır ve böylece genel iş akışının nasıl işlediğine dair bütüncül bir değerlendirme sunar (Çelik ve Akçetin, 2018: 97).

3. Denetim Çıktıları: Analitik süreçlerin çıktıları, denetim planlamasında önceliklendirme, bulguların otomatik sınıflandırılması, erken uyarı raporları ve sürekli denetim göstergeleri olarak kurumsal kararlara yansır. Böylece YZ, klasik denetimlerin “tespit edici” işlevinden “öngörücü ve önleyici” denetim işlevine geçişi destekler.
4. Yönetişim ve Etik Çerçeve: Modelin başarısı, YZ’nin şeffaf, hesap verebilir ve denetçi gözetiminde kullanılmasına bağlıdır. Açıklanabilir yapay zekâ ve etik veri yönetimi ilkeleri, kamu güveninin korunması için modelin bütün aşamalarında gözetilmelidir.

Bu çerçevede önerilen model, YZ’nin kamu harcama denetimine entegre edilmesini çok aşamalı bir sistem olarak ele almakta; veri toplama ve analizden denetim kararlarına kadar tüm süreci kurumsal ve etik boyutlarıyla ilişkilendirmektedir. Böylelikle YZ’nin kamu denetiminde özgün katkısı, sadece teknik düzeyde değil, sistemsel bir dönüşüm perspektifinde kavramsallaştırılmış olmaktadır.

3.4. Uluslararası Karşılaştırma

Yapay zekâ tabanlı denetim uygulamaları, dünya genelinde yüksek denetim kurumları tarafından farklı ölçeklerde hayata geçirilmektedir. Bu uygulamalar, kamu kaynaklarının daha etkin izlenmesi, usulsüzlüklerin önceden tespiti ve denetim süreçlerinin hızlandırılması açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Brezilya Federal Sayıştay (TCU), 2017’den bu yana kullandığı “Alice” adlı YZ aracı ile kamu ihalelerindeki olağandışı örüntüleri tespit ederek denetçilere önceliklendirme imkânı sunmaktadır. Ayrıca “Marina” sistemi ile sözleşmelerdeki yolsuzluk riskini haritalandırmakta, “SAO” aracıyla ise altyapı projelerinin maliyet sapmalarını analiz etmektedir. Böylece YZ, ihale ve yatırım denetimlerinde bütüncül bir şekilde kullanılmaktadır (Genaro-Moya vd., 2025: 11) (Genaro-Moya vd., 2023).

Hindistan Sayıştay (CAG), 2019’da kurduğu Veri Analitik Merkezi aracılığıyla büyük ölçekli kamu mali verilerini işleyerek risk odaklı denetim planlaması yapmaktadır. Merkez, özellikle vergi gelirleri ve harcamalarda olağandışı sapmaları saptamakta, bu verileri denetim ekiplerine karar desteği olarak sunmaktadır. Bu uygulama, YZ’nin sadece teknik bir araç değil, aynı zamanda stratejik planlama unsuru olabileceğini göstermektedir (Genaro-Moya vd., 2025: 11).

Filipinler Sayıştayı (COA), “MIKA-EL” sistemiyle milyonlarca finansal işlem üzerinde anomali tespiti yapmakta, alışılmadık ödeme kalıplarını bayraklayarak potansiyel yolsuzluk risklerini öne çıkarmaktadır. Bu sistemin avantajı, geçmişte tespit edilmiş usulsüzlük vakalarından öğrenerek gelecekte benzer nitelikteki işlemleri işaretleyebilmesidir. Böylece makine öğrenmesi doğrudan suistimal tespitine entegre edilmektedir (Genaro-Moya vd., 2025: 11).

Nepal Sayıştayı, kaynakları sınırlı olmasına rağmen OCR ve Robotik Süreç Otomasyonu (RPA) araçlarını birleştirerek gelir-gider belgelerinde tutarsızlıkları belirlemekte ve otomatik uzlaştırma yapmaktadır. Bu sayede denetçiler manuel iş yükünden kurtulmakta, riskli işlemlere odaklanabilmektedir (Genaro-Moya vd., 2025: 11).

Genel olarak, bu uygulamalar Türkiye Sayıştayının son dönemde başlattığı Dijital Mevzuat Asistanı ve YZ tabanlı denetim projeleriyle paralellik göstermektedir. Ancak Türkiye’nin mevcut girişimleri hâlen pilot aşamasında iken, Brezilya veya Filipinler gibi ülkeler bu teknolojileri daha ileri düzeyde içselleştirmiştir. Türkiye’nin de benzer şekilde veri kalitesini artırarak, teknik kapasitesini güçlendirerek ve açıklanabilir yapay zekâ ilkelerini gözeterek uluslararası örneklerle uyumlu bir dönüşümü tamamlaması beklenmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, kamu harcama denetiminde yapay zekâ (YZ) uygulamalarının sunduğu fırsatları ve sınırlılıkları hem uluslararası deneyimler hem de Türkiye Sayıştayı verileri üzerinden değerlendirmiştir. Literatür ve ülke uygulamaları, YZ’nin anomali tespiti, belge işleme, risk odaklı planlama ve mevzuata uyumun kontrolü gibi alanlarda denetim süreçlerini dönüştürücü katkılar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Brezilya, Hindistan ve Filipinler gibi örnekler, milyonlarca işlemin kısa sürede analiz edilmesini ve denetçilerin dikkatini kritik risk alanlarına yönlendirmesini mümkün kılmıştır. Bu sayede denetim kapsamı genişlemiş, usulsüzlük ve hataların erken aşamada tespit edilme ihtimali artmıştır.

Türkiye Sayıştayının 2022 ve 2023 denetim raporlarında ise bulguların çoğunun mevzuata uygunluk ve mali raporlama hatalarından kaynaklandığı görülmüştür. Bu tür tekrarlayan sorunların kural tabanlı sistemler ve anomali tespit algoritmalarıyla önceden işaretlenmesi mümkündür. Örneğin, ihale

süreçlerindeki prosedür adımlarının otomatik kontrol edilmesi ya da finansal tablolardaki olağandışı sapmaların algoritmalar tarafından belirlenmesi, denetçilerin iş yükünü hafifletecek ve odaklarını stratejik konulara yöneltecektir. Süreç madenciliği yöntemleri de iç kontrol mekanizmalarındaki zayıflıkları sistematik olarak analiz etme imkânı sunmaktadır.

Bununla birlikte, YZ'nin denetimde tek başına nihai bir çözüm olmadığı, insan denetiminin yerini almaktan çok onu tamamlayıcı bir araç olarak işlev görmesi gerektiği açıktır. Veri kalitesindeki eksiklikler, kurumlar arasında standart raporlama farklılıkları ve bilgi akışındaki sorunlar algoritmaların güvenilirliğini sınırlamaktadır. Ayrıca, makine öğrenmesine dayalı bazı modellerin açıklanabilirlik sorunları, hesap verebilirlik ilkesi açısından önemli riskler taşımaktadır. YZ'nin tarafsız ve adil sonuçlar üretmesi için etik ilkelerin gözetilmesi de kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye'de YZ destekli denetim girişimleri henüz pilot aşamasında olsa da doğru yönlendirmelerle güçlü bir dönüşüm potansiyeli barındırmaktadır. Başarının sağlanabilmesi için denetçilerin teknik kapasitesinin güçlendirilmesi, kamu kurumlarında finansal verilerin standartlaştırılması ve açıklanabilir YZ ilkesine dayalı yönetim çerçevelerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu koşulların yerine getirilmesi, Türkiye'nin uluslararası iyi uygulamalarla uyumlu, hesap verebilir ve etkili bir YZ destekli denetim sistemine ulaşmasını mümkün kılacaktır. Çalışmanın temel katkısı, mevcut denetim bulgularını YZ çözümleriyle ilişkilendirerek hem akademik literatüre hem de politika yapıcılara somut ve uygulanabilir öneriler sunmasıdır.

KAYNAKÇA

- Agostino, D., Lourenço, R., Jorge, S., Bracci, E., & Cruz, I. (2025). Data science and public sector accounting: Reviewing impacts on reporting, auditing, and accountability practices. *Public Money & Management*, 1-10. <https://doi.org/10.1080/09540962.2025.2529266>
- Akinrinola, O., Okoye, C. C., Ofodile, O. C., & Ugochukwu, C. E. (2024). Navigating and reviewing ethical dilemmas in ai development: Strategies for transparency, fairness, and accountability. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(3), 050-058.
- Aldemir, C., & Uçma Uysal, T. (2025). Artificial intelligence for financial accountability and governance in the public sector: Strategic opportunities and challenges. *Administrative Sciences*, 15(2), 58. <https://www.mdpi.com/2076-3387/15/2/58>
- Andhov, M., Darnall, N., & Andhov, A. (2025). Leveraging ai for sustainable public procurement: Opportunities and challenges. *Frontiers in Sustainability*, 6, 1603214.
- Azevedo, L. d. A. B., Albino, J. D. S., & De Figueiredo, J. M. (2022). O uso da inteligência artificial nas atividades de controle governamental. *Cadernos Técnicos da CGU*, 2.
- Battaglini, M., Guiso, L., Lacava, C., Miller, D. L., & Patacchini, E. (2025). Refining public policies with machine learning: The case of tax auditing. *Journal of Econometrics*, 249, 105847.
- de Fine Licht, K., & de Fine Licht, J. (2020). Artificial intelligence, transparency, and public decision-making. *AI & SOCIETY*, 35(4), 917-926. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00960-w>
- Çelik, U., & Akçetin, E. (2018). Süreç Madenciliği Araçları Karşılaştırması. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 9(34), 97-104. <https://doi.org/10.5824/1309-1581.2018.4.007.x>
- Erdem, K. Ş., & Bakır, M. A. (2023). Makine ve ekipman imalatı sektöründe İzolasyon ormanı ve yeniden örnekleme yöntemleri kullanılarak finansal başarısızlığın tespit edilmesi. *Verimlilik Dergisi*, 57(4), 719-734.
- Fernandez-Cortez, V., Valle-Cruz, D., & Gil-Garcia, J. R. (2020). Can artificial intelligence help optimize the public budgeting process? Lessons about smartness and public value from the mexican federal government. 2020 Seventh international conference on EDemocracy & EGovernment (ICEDEG),
- GAO. (2021). Artificial intelligence: An accountability framework for federal agencies and other entities. Retrieved 16/09/2025 from <https://www.gao.gov/products/gao-21-519sp>

- Genaro-Moya, D., López-Hernández, A. M., & Godz, M. (2025). Artificial intelligence and public sector auditing: Challenges and opportunities for supreme audit institutions. *World*, 6(2), 78.
- Godz, M., Plata, A. M., López-Pérez, G., & López-Hernández, A. M. (2025). Artificial intelligence in public sector audit: Systematic literature review and directions for future research. Available at SSRN 5399113.
- Guariso, D., Guerrero, O. A., & Castañeda, G. (2023). Automatic sdg budget tagging: Building public financial management capacity through natural language processing. *Data & Policy*, 5, e31.
- Köbis, N., Starke, C., & Rahwan, I. (2022). The promise and perils of using artificial intelligence to fight corruption. *Nature Machine Intelligence*, 4(5), 418-424. <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00489-1>
- Köse, H. Ö., & Polat, N. (2022). Dijital Dönüşüm ve Denetimin Geleceğine Etkisi. *Sayıştay Dergisi*, 32(123), 9-41. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1068328>
- Kurban, S., Çiğman, M. Z., & Pekel, A. (2023). Büyük Veri Çağında Sayıştay Başkanlığı'nın Dijitalleşen Denetimi. *Denetişim*(28), 39-52. <https://doi.org/10.58348/denetisim.1282034>
- Liu, F. T., Ting, K. M., & Zhou, Z.-H. (2008). Isolation forest. 2008 eighth ieee international conference on data mining,
- Mehdişev, N., Houy, C., Gutermuth, O., Mayer, L., & Fettke, P. (2021). Explainable artificial intelligence (xai) supporting public administration processes – on the potential of xai in tax audit processes. In F. Ahlemann, R. Schütte, & S. Stieglitz, *Innovation Through Information Systems Cham*.
- Mozina, D., & Renko, J. (2025). The use of algorithmic automation and artificial intelligence by the public administration in slovenia. *Italian J. Pub. L.*, 17, 786.
- Odilla, F. (2023). Bots against corruption: Exploring the benefits and limitations of ai-based anti-corruption technology. *Crime, Law and Social Change*, 80(4), 353-396.
- Odilla, F. (2024). Unfairness in ai anti-corruption tools: Main drivers and consequences. *Minds and Machines*, 34(3), 28.
- Paul, A. L. (2025). Smart public finance: Leveraging ai to optimize government expenditures and investments.
- Santschi, D., Grau, M. C., Fehrenbacher, D., & Blohm, I. (2024). Artificial intelligence to improve public budgeting.

- Sayıştay. (2023). 2022 Yılı Dış Denetim Genel Değerlendirme Raporu. Sayıştay Başkanlığı, Ankara. Erişim Tarihi: 17/09/2025 <https://www.sayistay.gov.tr/reports/download/G0YE3PdGj3-2022-yili-dis-denetim-genel-degerlendirme-raporu>.
- Sayıştay. (2024). 2023 Yılı Dış Denetim Genel Değerlendirme Raporu. Sayıştay Başkanlığı, Ankara. Erişim Tarihi: 17/09/2025 <https://www.sayistay.gov.tr/reports/download/peYMQjYd9-2023-yili-dis-denetim-genel-degerlendirme-raporu>.
- Schneider dos Santos, E., Machado dos Santos, M., Castro, M., & Tyska Carvalho, J. (2025). Detection of fraud in public procurement using data-driven methods: A systematic mapping study. *EPJ Data Science*, 14(1), 52.
- Seco, A. (2023). Reviewing the explainable artificial intelligence (xai) and its importance in tax administration. Retrieved 17/09/2025 from <https://www.ciat.org/reviewing-the-explainable-artificial-intelligence-xai-and-its-importance-in-tax-administration/?lang=en>
- T24. (2025). Sayıştay'dan kamuda yapay zeka destekli denetim. Retrieved 20/09/2025 from <https://t24.com.tr/haber/sayistay-dan-kamuda-yapay-zeka-destekli-denetim,1241686>
- Tas, B. K. O. (2024). A machine learning approach to detect collusion in public procurement with limited information. *Journal of Computational Social Science*, 7(2), 1913-1935. <https://doi.org/10.1007/s42001-024-00293-4>
- Tordecilla, J. (2024). I created an ai chatbot to speak to my country's budget. Here's how i did it. Retrieved 15/09/2025 from <https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/i-created-ai-chatbot-speak-my-countrys-budget-heres-how-i-did-it>
- Torres-Berru, Y., & López Batista, V. F. (2021). Data mining to identify anomalies in public procurement rating parameters. *Electronics*, 10(22), 2873. <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/22/2873>
- Tulun, K. (2025). Sayıştayın 163'üncü kuruluş yıl dönümü. *Sayıştay Dergisi*(137), 383-388.
- U.S. Department Of the Treasury. (2024). Treasury announces enhanced fraud detection processes, including machine learning ai, prevented and recovered over \$4 billion in fiscal year 2024. Retrieved 01/09/2025 from <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy2650>

- Uyulaş, H. Ö. (2025). Sayıştay, yapay zeka destekli “dijital mevzuat asistanı projesi” ile denetimlerini hızlandıracak. Erişim Tarihi: 22/09/2025 <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/sayistay-yapay-zeka-destekli-dijital-mevzuat-asistani-projesi-ile-denetimlerini-hizlandiracak/3582929>
- Yener, M., Charoenpol, M., Suntharanurak, S., Köse, H. Ö. (2025). Strategic Cooperation of Supreme Audit Institutions of Thailand and Türkiye for Digital Transformation and Innovation in Public Sector Auditing. *Sayıştay Dergisi*, 36(136), 9-34. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1633666>
- Verma, S., & Verma, A. D. (2024). AI and public procurement: Selected use cases and some preliminary reflections from india. Available at SSRN 4924801.
- Westerski, A., Kanagasabai, R., Shaham, E., Narayanan, A., Wong, J., & Singh, M. (2021). Explainable anomaly detection for procurement fraud identification—lessons from practical deployments. *International Transactions in Operational Research*, 28(6), 3276-3302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/itor.12968>
- Wiradinata, D., & Sugiharto, A. (2023). The use of machine learning to detect financial transaction fraud: Multiple benford law model for auditors. *Journal of Information Systems Engineering & Business Intelligence*, 9(2).

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED AUDITING IN PUBLIC EXPENDITURES: THE CASE OF COURT OF ACCOUNTS

Hakan ÖZDEMİR

Alim YELBOĞA

EXTENDED ABSTRACT

Digital transformation is reshaping public sector auditing by embedding advanced computational tools, particularly Artificial Intelligence (AI), into oversight processes. In public expenditure auditing, which underpins transparency and accountability in the use of public resources, AI offers enhanced capabilities for anomaly detection, efficiency gains, and data-driven oversight. As financial datasets expand in scale and complexity, AI-supported audit mechanisms are increasingly viewed as indispensable. Against this backdrop, the present study examines AI applications in public expenditure auditing and derives insights relevant to Türkiye's public audit context.

The study employs a dual methodological approach. First, a systematic review of international practices and academic literature illustrates how AI has been incorporated into public auditing across various jurisdictions. Supreme Audit Institutions now deploy machine learning and data mining to detect procurement irregularities, map expenditure anomalies, and identify compliance violations. These developments highlight both operational benefits and ongoing methodological challenges, including model reliability, algorithmic explainability, and dependency on high-quality data. Second, the study analyzes secondary data from the Turkish Court of Accounts' (Sayıştay) 2022 and 2023 regularity audit reports. Reviewing thousands of findings enables the identification of structural weaknesses and allows assessment of how recurring errors align with the analytical strengths of AI-supported audit tools.

International evidence shows that AI-enabled audit systems deliver concrete improvements in risk identification and audit productivity. Audit institutions increasingly use AI to flag suspicious procurement behavior, track budget execution in near real time, and prioritize high-risk transactions or entities. Anomaly detection and predictive analytics have proven effective in uncovering complex patterns typically missed by traditional audits. However, global experience also makes clear that AI is far from a self-sufficient solution. False-positive rates remain high, necessitating extensive auditor verification.

Problems of data integrity, including incomplete or inconsistent financial records, further undermine algorithmic reliability. Explainable AI (XAI) has thus emerged as a critical prerequisite, as audit bodies must justify algorithmic outputs to maintain legal defensibility and public trust. Ethical considerations—fairness, bias mitigation, and compliance with statutory requirements—impose additional constraints on AI deployment in the audit domain.

Türkiye’s audit findings offer context-specific insight into areas where AI could yield substantial benefits. Sayıştay’s 2022 and 2023 reports indicate persistent weaknesses in expenditure management, including non-compliance with regulations, financial reporting inaccuracies, and deficiencies in internal control systems. Recurring errors such as improper asset classification, incomplete depreciation and provision entries, and procurement-related irregularities—particularly prevalent in local administrations—represent high-volume, repetitive data environments that align well with AI-supported methodologies. Based on these patterns, the study identifies three primary avenues for AI integration into Türkiye’s audit processes. First, anomaly detection algorithms can systematically identify outliers and irregular transaction patterns indicative of fraud or error. Second, automated compliance monitoring, supported by natural language processing and robotic process automation, can evaluate contracts, invoices, and expenditure documents for regulatory adherence. Third, predictive analytics can leverage historical audit findings to estimate institutional risk, facilitating risk-based planning and resource prioritization.

Effective integration of AI into Türkiye’s audit architecture, however, requires several enabling conditions. Strengthening institutional capacity is essential: auditors and financial personnel must develop competencies in data analytics and AI, and audit bodies may need to establish analytics units staffed with technical specialists. Data quality improvements across public agencies are equally critical, as AI models rely on accurate, complete, and standardized datasets. Weak or fragmented data structures inevitably produce unreliable algorithmic outputs. Governance frameworks regulating the ethical and transparent use of AI constitute another foundational requirement. These frameworks must specify principles for algorithmic transparency, outline procedures for addressing erroneous AI outputs, and ensure safeguards against ethical risks. It is also necessary to manage expectations regarding

AI's capabilities. AI should be regarded not as a substitute for professional judgment but as a complementary tool capable of automating data-intensive tasks while leaving interpretive assessment to human auditors.

The study contributes by integrating global AI auditing practices with empirical evidence from Türkiye's recent audit findings. This combined perspective allows a comprehensive assessment of both the opportunities and limitations of AI within Türkiye's public financial oversight system. Academically, the findings demonstrate how the theoretical advantages of AI materialize in real audit settings and identify the institutional preconditions necessary for effective adoption. From a policy standpoint, the study underscores the importance of investing in interoperable data infrastructure, building analytical and technical capacity, and developing regulatory frameworks that support innovation while preserving transparency and accountability. When implemented responsibly within a well-governed institutional environment, AI has the potential to substantially strengthen public expenditure auditing and enhance the broader effectiveness of public financial management in Türkiye.



A DATA-DRIVEN APPROACH TO THE ROLE CLASSIFICATION OF PUBLIC HOSPITALS: EVIDENCE FROM TÜRKİYE

KAMU HASTANELERİNİN ROL SINIFLANDIRMASINDA VERİYE DAYALI BİR YAKLAŞIM: TÜRKİYE'DEN KANITLAR

Tevfik BULUT¹

Aziz KÜÇÜK²

ABSTRACT

Hospital classification plays a crucial role in modern healthcare systems by promoting efficient resource utilization, enhancing access to care, and directing patients to the most appropriate service levels. This study aimed to predict the role classifications of public hospitals in Türkiye using the Random Forest (RF) classification algorithm. It represents the first study conducted specifically on the role-based classification of public hospitals in Türkiye. The dataset included 716 public hospitals, categorized into eight distinct role classes. Two RF models (Model 1 and Model 2) were developed and evaluated using performance metrics, including overall accuracy, Cohen's Kappa coefficient, area under the curve (AUC), F1 score, and balanced accuracy. RF Model 2 consistently outperformed Model 1, achieving higher accuracy (96.82% vs. 95.82%), Kappa (0.9612 vs. 0.9489), and AUC (0.9889 vs. 0.9863). Thus, Model 2 is recommended for classifying the roles of public hospitals in Türkiye. The proposed approach can be adapted to classify hospitals in different healthcare systems, offering support for data-driven strategic planning and more equitable resource allocation.

1- PhD, Atılım University, Faculty of Health Science, buluttevfik@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3668-7436.

2- Assoc. Prof. Dr., Ministry of Health, Directorate General for Public Hospitals, ORCID: 0000-0002-1296-4726.

Submitted/Gönderim: 26.07.2025, **Revision/Revizyon:** 09.11.2025, **Accepted/Kabul:** 09.11.2025

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Aziz Küçük, aziz.kucuk@yahoo.com

To Cite/Atf: Bulut, T. and Küçük, A. (2025). A Data-Driven Approach to the Role Classification of Public Hospitals: Evidence from Türkiye. TCA Journal/Sayıştay Dergisi, 36 (139), 803-829. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1751816>

ÖZ

Hastane sınıflandırması, modern sağlık sistemlerinde kaynakların etkin kullanımı, sağlık hizmetlerine erişimin artırılması ve hastaların uygun bakım düzeyine yönlendirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Çalışmanın amacı, Türkiye'deki kamu hastanelerinin rol sınıflarını Rastgele Orman (Random Forest, RF) sınıflandırma algoritması kullanarak öngörmektir. Bu çalışma, Türkiye'de kamu hastanelerinin rol sınıflandırması üzerine doğrudan yürütülen ilk çalışmadır. Çalışmada, Türkiye genelinde sekiz farklı rol sınıfına ayrılmış 716 kamu hastanesine ait veriler analiz edilmiştir. İki farklı RF modeli (Model 1 ve Model 2) geliştirilmiş ve bu modeller genel doğruluk, Cohen'in Kappa katsayısı, eğri altı alan (AUC), F1 skoru ve dengelenmiş doğruluk gibi çeşitli performans göstergeleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan performans değerlendirmesinde, RF Model 2'nin Model 1'e kıyasla üstün sonuçlar verdiği görülmüştür. Model 2, Model 1'e kıyasla daha yüksek doğruluk (%96,82'ye karşı %95,82), daha iyi Kappa katsayısı (0,9612'ye karşı 0,9489) ve daha yüksek AUC değeri (0,9889'a karşı 0,9863) elde etmiştir. Bu nedenle, Türkiye'deki kamu hastanelerinin rol sınıflarının öngörülmesinde Model 2'nin kullanılması önerilmektedir. Önerilen yöntem, farklı ülkelerdeki hastanelerin sınıflandırılmasında da uyarlanabilir ve sağlık yöneticilerine stratejik planlama ve kaynak tahsisinde veri temelli destek sağlayabilir.

Keywords: Public Hospital, Random Forest, Machine Learning, Hospital Classification, Türkiye.

Anahtar Kelimeler: Kamu Hastanesi, Rastgele Orman, Makine Öğrenmesi, Hastane Sınıflandırması, Türkiye.

INTRODUCTION

Recent advancements in artificial intelligence and machine learning (ML) have demonstrated substantial potential to reduce physicians' workload while simultaneously improving diagnostic accuracy, clinical predictability, and overall quality of care (Habehh and Gohel, 2021: 291). ML, a subfield of artificial intelligence, empowers algorithms to autonomously learn from data and generate predictions, thereby fostering a multitude of applications within the healthcare domain (An et al., 2023: 4178; Polat, 2024: 400). These encompass predictive analytics, wherein diverse datasets, including electronic health records, insurance claims, and genomic data, are leveraged to forecast patient outcomes, such as hospital readmissions or the onset of chronic diseases, facilitating proactive interventions. Diagnostic and therapeutic support is augmented by ML, particularly through techniques like convolutional neural networks, applied to medical imaging (e.g., CT scans, X-rays, MRIs) to enhance diagnostic precision and inform treatment strategies. Personalized

medicine utilizes ML to integrate patient-specific characteristics (genetic predispositions, medical history, lifestyle factors) for predicting individual treatment responses and tailoring therapeutic regimens, critically relying on comprehensive genomic and longitudinal patient data. Clinical decision support systems incorporate ML to provide clinicians with real-time, data-driven insights, promoting informed decision-making and potentially improving patient outcomes. Examples include sepsis early-warning systems and risk stratification tools. Finally, population health management leverages ML to analyze large-scale population datasets, elucidating health trends, risk factors, and healthcare disparities. This analysis guides public health initiatives and optimizes resource allocation, as exemplified by targeted interventions for at-risk populations and disease outbreak prediction.

ML techniques aim to classify objects or predict values by applying algorithms and statistical analyses to large datasets (Köse and Polat, 2021: 17). Depending on the objective, ML can be categorized into three main areas: regression, supervised classification, and unsupervised classification (clustering) (De Oliveria et al., 2018: 1744). The ML category used in the study is supervised classification. This classification is a data analysis technique that utilizes classifiers to predict categorical class labels, allowing users to gain a deeper understanding of the data as a whole (Han et al., 2012: 330). In classification, mathematical functions map input variables (X) to output variables (Y) as targets, labels, or categories (Sarker, 2021).

The classification of hospitals is vital for the efficiency and sustainability of modern health systems. First and foremost, this classification ensures the optimal use of resources, enabling health services to reach a wider audience. Instead of each hospital having the same level of specialization and equipment, separating them according to different specialties and equipment needs allows for a more efficient distribution of medical devices, personnel, and budget. This not only prevents the wastage of resources but also enables better planning according to regional needs. Secondly, directing patients to the right hospitals improves treatment processes and makes more efficient use of vital time in emergencies. Classification allows patients to easily access hospitals with the level of specialization they need, preventing unnecessary waiting and incorrect treatment. Third, classification enables the establishment of distinct quality standards for various types of hospitals (Akdağ, 2012: 209; Övgün

and Küçük, 2013). These standards facilitate performance monitoring and improvement efforts to enhance patient safety and quality of care. Finally, hospital classification also plays a vital role in identifying teaching hospitals and developing research infrastructure. In summary, hospital classification plays a crucial role in enhancing both the efficient use of resources and patients' access to the right services, as well as the overall quality of the health system.

In Türkiye, there is no study on predicting the role classes of hospitals using ML algorithms and other methods. This study constitutes the first nationwide, data-driven investigation directly focusing on the role-based classification of public hospitals in Türkiye. In the international literature, only a limited number of studies—primarily regional in scope, such as one conducted in the United States—have explored hospital classification using ML techniques. This study is driven by the need to address this critical gap in the literature. For the first time, it systematically applies a supervised ML approach, specifically the Random Forest (RF) classification algorithm, to predict the predefined role classes of public hospitals across Türkiye. The RF algorithm was selected due to its proven effectiveness in healthcare research, offering high predictive accuracy and the ability to model complex, nonlinear relationships between variables (Jackins et al., 2021; Simsekler et al., 2021; Song et al., 2021; Hong et al., 2022). The study also proposes an optimal model for role classification based on comprehensive performance metrics.

The study aims to predict public hospitals in Türkiye using RF models, and to identify the optimal RF model by comparing the obtained results with existing classification results based on performance metrics. Furthermore, the study aims to uncover the significance levels of the predictor variables utilized in role classification by the established RF models. Therefore, the goal is to identify the variables that need to be eliminated from the predictor variables of hospital role classes.

1. LITERATURE REVIEW

Hospital classification constitutes a fundamental component of health system organization, directly shaping the allocation of financial and human resources, access to healthcare services, referral pathways, and strategic planning processes. Globally, countries have adopted structured and context-specific frameworks to categorize hospitals based on functional roles, infrastructural capacity, service scope, and academic affiliations.

In the United States, hospital classification systems are multifaceted, often based on geographic location (e.g., rural or community hospitals), clinical specialization (e.g., women's, orthopedic, cardiac, or surgical hospitals), or institutional size. For instance, community-access hospitals are typically small rural facilities with fewer than 25 beds. In contrast, tertiary care or academic medical centers offer a wide range of specialties and subspecialties, including highly advanced fields such as pediatric cardiology (Griffin, 2012: 13–14). In contrast, countries such as China, Brazil, and Pakistan employ a standardized three-tiered hospital classification system, comprising primary, secondary, and tertiary levels, grounded in hierarchical service delivery. This model incorporates criteria such as bed capacity, service range, technological infrastructure, research activity, and educational functions. Primary-level hospitals are responsible for providing basic preventive and outpatient services at the community level, whereas tertiary-level institutions serve as regional referral centers equipped with comprehensive diagnostic, therapeutic, and academic capabilities (Li et al., 2022; Vieira- Meyer et al., 2022: 254; Jamal et al., 2024: 730). In Europe, particularly in the United Kingdom, Germany, and the Netherlands, hospital roles are integrated into national health systems through centralized planning and are explicitly aligned with referral hierarchies. Hospitals are generally designated as district hospitals, regional referral centers, or academic medical centers, based on their geographic coverage area, population served, medical specializations offered, and involvement in medical education and research (Healy & McKee, 2002: 59–74).

1.1. Turkish Public Hospitals by Role Classification

In Türkiye, the classification of hospitals is formally outlined in the 2005 Regulation on the Management of Inpatient Healthcare Facilities. According to this regulation, hospitals are defined as facilities that provide diagnostic,

therapeutic, and rehabilitative services to both inpatients and outpatients, including maternity care services such as childbirth. The regulation categorizes hospitals into five functional groups: (1) district/town hospitals, (2) day hospitals, (3) general hospitals, (4) specialist hospitals, and (5) training and research hospitals (Tatar et al., 2011: 128).

Within the framework of the Health Transformation Program launched in 2003, regional planning efforts were initiated to optimize the allocation of healthcare resources and prevent the formation of idle capacity (Korkmaz and Tercan, 2023: 443). These efforts were shaped by Türkiye's geographical diversity, population distribution, distances from healthcare centers, regional transportation infrastructure, and existing health service inventories (Akdağ, 2012: 209–210). In line with this strategic planning approach, it became evident that the functional diversity and service scope of public hospitals required a more nuanced categorization beyond the formal typology defined in the 2005 Regulation on the Management of Inpatient Healthcare Facilities. Consequently, the need emerged to introduce a role-based classification model for public hospitals in Türkiye, aiming to align institutional functions with regional service demands, enhance system-level efficiency, and support evidence-based health planning (Atasever, 2021: 42). Thus, service delivery roles of existing and investment planning inpatient health facilities of the MoH were determined. Criteria for the Redefinition and Grouping of Roles of Ministry of Health Inpatient Health Facilities, which were put into practice with the Ministerial Decree dated December 3, 2009, and numbered 46143, were determined (Ministry of Health, 2011). In 2023, it underwent yet another update, taking into account the unique characteristics and needs of each group, the capacity of hospitals, their role in regional health planning, the number of specialized physicians, the availability of medical equipment, and the quality of their services (Ministry of Health, 2023). As presented in Table 1, public hospitals in Türkiye are categorized into eight distinct role classes: A1, A1 Branch, A2, A2 Branch, B, C, D, and E. The hospitals were analyzed within the framework of these designated role classifications.

Table 1: Identifying and Grouping the Roles of Hospitals

Roles	Definition and general characteristics
Group A1 Hospitals	These hospitals provide the most comprehensive and advanced health services in the country. They have the capacity to provide tertiary health care and are authorized for training and research.
Group A1 Branch Hospitals	They are designated as training and research hospitals, meeting specific criteria. These hospitals are advanced specialty hospitals that conduct training and research activities in their respective fields of specialization, possess high-tech equipment, and offer a Level III emergency service and intensive care unit.
Group A2 Hospitals	These hospitals offer a more limited range of services than those classified as Group A1 hospitals and lack authorization for training and research functions.
Group A2 Branch Hospitals	These are private specialty hospitals that are not authorized to conduct training and research activities.
Group B Hospitals	Located in provincial or fortified district centers, these hospitals provide less comprehensive services than Group A hospitals. They provide secondary health care services. These hospitals are situated in provincial centers or fortified district centers, distinct from Group A1 and A2 hospitals.
Group C Hospitals	These are smaller-scale hospitals typically located in fortified districts or sub-districts, characterized by a limited number of specialist physicians. They primarily provide primary and secondary healthcare services. Group C hospitals are generally smaller in size and offer a more limited range of medical specialties.
Group D Hospitals	These hospitals are located in fortified districts or sub-districts and have a minimum bed capacity of 25. They are designated to provide secondary healthcare services.
Group E Hospitals	These hospitals are typically located in small towns or sub-districts and have a maximum bed capacity of 25. They provide primary healthcare services and represent the smallest units within the healthcare system. Despite their limited capacity and specialization, Group E hospitals play a vital role, particularly in regions with restricted access to healthcare services.

Source: Ministry of Health (2023).

This hierarchical, role-based classification system ensures the efficient and equitable distribution of healthcare resources across Türkiye. It offers a range of services, from basic primary care in smaller communities to highly specialized tertiary care in major urban centers. The inter-tier referral system is of paramount importance in ensuring that patients receive the appropriate level of medical care.

1.2. Machine Learning Algorithms in the Healthcare

In recent years, the enhanced accessibility of extensive datasets and improvements in processing capabilities have facilitated the rapid development and dissemination of ML algorithms in healthcare. These algorithms have been employed to address a wide range of medical challenges, including medical imaging analysis, genetic disease prediction, personalized treatment planning, and outcome forecasting. Their application has demonstrated significant

potential in enhancing diagnostic accuracy, optimizing treatment processes, and improving overall system efficiency.

Despite this growing body of research, the application of ML algorithms for hospital classification remains notably limited. One of the few studies in this area is by Dharmapala (2021: 22–29), who utilized multiple ML classification algorithms to categorize 45 hospitals in the United States into three groups: village, county, and regional hospitals. The classification was based on seven predictor variables: availability of drugs and equipment, occupancy rate, bed capacity, number of staff, average length of stay, number of inpatients, and number of live discharges. The study employed six different algorithms: decision trees, support vector machines, discriminant analysis, ensemble subspace k-nearest neighbor (KNN), Naive Bayes, and ensemble methods. Among these, the ensemble subspace KNN algorithm demonstrated the highest classification performance, as indicated by model validation and accuracy metrics.

Beyond hospital classification, RF—one of the most widely used tree-based ensemble learning algorithms—has been effectively applied to a broad range of predictive problems in healthcare. For example, Krämer et al. (2019:85–88) developed an RF-based model to classify hospital admissions as emergency or elective care based on patients' primary diagnoses. The model, trained using expert-annotated inpatient admission data, was also designed to assign a numeric urgency score to each diagnosis listed in the International Classification of Diseases catalog. Similarly, Simsekler et al. (2021) investigated the determinants of patient satisfaction across two key phases of the patient journey—registration and consultation. The authors constructed two separate RF models, incorporating both patient- and provider-related variables, using survey data collected from 411 patients at a hospital in the United Arab Emirates. The models aimed to estimate the relative importance of these variables in explaining satisfaction outcomes and to identify potential areas for improving healthcare quality. RF was preferred due to its high predictive accuracy and ability to model complex interactions among variables.

In another study, an interpretable RF model was developed to predict the severity of acute pancreatitis. The study retrospectively analyzed clinical and laboratory data from 648 patients, with missing values imputed using the multiple imputation by chained equations method. The RF model, trained in conjunction with a logistic regression model, outperformed its counterpart

in predicting severe acute pancreatitis, demonstrating superior classification accuracy and robustness (Hong, 2022). The study by Jaotombo et al. (2022) aimed to identify the ML models that best predict prolonged hospital length of stay using a French medico-administrative database. The researchers used a retrospective cohort study design, collecting data from all discharges in 2015 from a large university hospital. They transformed length of stay into a binary variable (long vs. short, using the 90th percentile of 14 days as the cutoff). In the study, five ML models were applied: classification and regression trees, LR, RF, gradient boosting (GB), and neural networks (NN). Model performance was evaluated using AUC.

In a similar vein, Xie et al. (2022) sought to standardize predictive modeling practices in emergency department services by developing benchmark datasets and clinical prediction tasks from publicly available electronic health records. Their study introduced a unified preprocessing pipeline and evaluated a wide range of predictive algorithms, including LR, RF, GB, multilayer perceptron, Med2Vec, long short-term memory, and AutoScore, across multiple clinical outcomes. This facilitated cross-study comparison and advanced model development in emergency care. Likewise, Bhadouria and Singh (2023:27121) constructed predictive models for hospital length of stay and in-hospital mortality using the National Hospital Care Research Database (NHCRD), emphasizing the use of minimal feature sets to enhance interpretability and generalizability. Models were trained using several ML approaches, such as LR, RF, NB, GB, DT, ANN, bagging, and SVM, and evaluated with a comprehensive set of performance metrics (AUC, precision, recall, F-score, accuracy, MSE, MAE, RMSE). In another recent study, Choi et al. (2023) developed ML models to predict in-hospital fall risk among patients with acute stroke and compared their performance to the widely used Morse Fall Scale (MFS). Six algorithms—NB, KNN, RLR, SVM, RF, and XGB—were trained on EHR data, and several ML models outperformed the MFS in predictive accuracy, demonstrating the potential of data-driven approaches for improved fall risk assessment.

Collectively, these studies illustrate the growing utility of ML for predicting key hospital outcomes and strengthening clinical decision support. Notably, despite methodological variations, ensemble-based methods—particularly RF and GB—consistently demonstrate superior performance when applied to complex, multidimensional healthcare data.

2. MATERIAL AND METHODS

The target population of the study consists of 716 public hospitals in Türkiye classified into eight groups according to hospital role class. The distribution of the number of hospitals classified into eight groups according to role class is as follows: A1 ($n = 82$), A1 Branch ($n = 21$), A2 ($n = 71$), A1 Branch ($n = 32$), B ($n = 133$), C ($n = 177$), D ($n = 110$), and E ($n = 90$).

2.1. Data Set and Variables

The dataset comprises observations from public hospitals spanning the period from 2015 to 2023. All data were obtained with the approval of the Ministry of Health, Directorate General for Public Hospitals. Observations with missing values were excluded, and only complete cases were included in the RF models. The dataset was subsequently used to train and validate the RF models, ensuring robust predictive performance. Table 2 presents the variables included in the analysis. The study employs ten independent variables (predictors) to estimate the hospital role class as the dependent variable. Most variables in the dataset correspond to those currently used by the Ministry of Health in the role-based classification of hospitals. Additionally, the study incorporates predictor variables identified in the limited number of existing studies on hospital role classification (Dharmapala, 2021: 22-29; Tseng et al., 2015: 732), thereby contributing to the development of a more comprehensive predictive framework.

Table 2: Dependent and Independent Variables

Code	Variable	Data Type	Type of Variable
class	Hospital role class	Categorical 1. A1 2. A1 Branch 3. A2 4. A2 Branch 5. B 6. C 7. D 8. E	Dependent
tcys	Total number of hospital beds	Numerical	Independent
pms	Number of outpatient clinic visits	Numerical	Independent
hokg	Average length of stay	Numerical	Independent
tas	Total number of surgery procedures	Numerical	Independent
vki	Case mix index	Numerical	Independent
ths	Total number of physicians	Numerical	Independent

Code	Variable	Data Type	Type of Variable
hs	Total number of nurses	Numerical	Independent
tspsds	Total number of non-health personnel	Numerical	Independent
tkdshs	Total number of referred patients	Numerical	Independent
ytdo	Bed occupancy rate	Numerical	Independent

2.2. R Packages for Analysis

The study utilized the R programming language (R Core Team, 2024) and RStudio (Posit Team, 2024) for data mining operations, data analysis, and result printing in Microsoft Excel workbooks. The packages used in the R environment are as follows: “caret” (Kuhn, 2008), “cvms” (Olsen, 2024), “doParallel” (Corporation and Weston, 2025), “dplyr” (Wickham et al., 2023), “ggplot2” (Wickham, 2016), “ggpubr” (Kassambara, 2022), “ggthemes” (Arnold, 2024), “here” (Müller, 2020), “openxlsx” (Schauberger and Walker, 2024), “pROC” (Robin et al., 2011), “readxl” (Wickham and Bryan, 2023), “skimr” (Waring et al., 2022), “tibble” (Müller and Wickham, 2023), “tidymodels” (Kuhn and Wickham, 2020), “tidyr” (Wickham et al., 2025), and “viridis” (Garnier et al., 2024).

2.3. RF algorithm for classification

To make predictions on new data, supervised ML techniques learn prediction rules from training data sets. ML algorithms can process a large number of predictors with nonlinear and complex interactions to find combinations of variables that reliably predict outcomes.

Random Forest for classification is an ensemble learning technique that builds several decision trees during training and produces the class that represents the mode of the classes (classification). This is an explanation of its functionality (Breiman, 2001: 5):

- 1) Bootstrap Aggregating (Bagging): The core of an RF is bagging. The training data is randomly sampled with replacement to create multiple subsets of the data (the same data point can appear multiple times in a single subgroup). Each subset is roughly the same size as the original training set.
- 2) Random Subspace: For each bootstrapped subset, a decision tree is grown. However, instead of considering all features (variables) at each split point in the tree, a random subset of features is selected. This is the “random subspace” method. The size of this subset is a hyperparameter that needs to be tuned.

3) Tree Growth: Each decision tree is grown to its full depth (no pruning) on its corresponding bootstrapped subset using the random subset of features. This is in contrast to other tree-based methods, where pruning is often used to prevent overfitting. The use of multiple trees with different splits compensates for the lack of pruning.

4) Classification: Once all the trees are grown, a new, unseen data point is fed into each tree. Each tree outputs a classification prediction (the class label). A majority vote determines the final classification. The class predicted by the majority of trees is the RF's prediction for the input data point.

RF combines bagging and random subspace to create a collection of diverse, unpruned decision trees. The final prediction is a consensus prediction from this eclectic collection.

2.4. Evaluation Metrics

The literature widely employs accuracy rate, Cohen's Kappa coefficient, F-score, and AUC classification metrics to evaluate the performance of RF and other ML models. One study used an RF algorithm to predict ten different diseases. In this study, accuracy, precision, sensitivity, recall, F score, and AUC metrics were used as classification metrics (Alam et al., 2019). Another study used a multilayer perceptron, RF, and LR methods to predict diabetes. This study used accuracy, precision, and recall metrics as classification metrics (Butt et al., 2021:1-5). The study used accuracy, AUC, and F-score classification metrics to predict the presence of diseases using artificial neural networks and LR methods (Bailly et al., 2022). Another study used six different ML algorithms to indicate diabetes. This study employed accuracy, Cohen's Kappa, precision, recall, F-score, and AUC as classification metrics (Adjei et al., 2022).

In this study, the balanced accuracy rate was used as a performance metric to evaluate hospitals according to their role classes. An overall accuracy rate is likely to yield erroneous results, especially in imbalanced datasets (Brodersen et al., 2010: 3121). In addition, the balanced accuracy metric minimizes the overall classification error (Thölke et al., 2023).

Table 3 presents the performance metrics along with their respective equations for assessing the models' performance. In performance metrics, TP denotes true positives, FP indicates false positives, FN represents false

negatives, and TN signifies true negatives. Here, P_0 , which is used in the calculation of Cohen's Kappa coefficient, indicates the total probability of agreement or accuracy, and P_c suggests the likelihood of agreement due to chance (Ben-David, 2007: 874).

Table 3: Performance Metrics and Equations

Performance Metrics	Equations
Accuracy	$(TP + TN)/(TP + TN + FP + FN)$
AUC	$(TP_{rate} + TN_{rate})/2$
Balanced accuracy	$(Sensitivity + Specificity)/2$
Cohen's Kappa coefficient	$(P_o - P_c)/(1 - P_c)$
F score	$2 \times (Precision \times Recall) / (Precision + Recall)$
Precision	$TP/(TP + FP)$
Recall	$TP/(TP + FN)$
Sensitivity	$TP/(TP + FN)$
Specificity	$TN / (TN + TP)$

AUC refers to the Receiver Operating Characteristic Area Under the Curve. AUC score provides a comprehensive measure of a classifier's performance across all classification thresholds. To obtain the score, it is necessary to calculate the area beneath the ROC curve. The AUC score indicates the classifier's ability to differentiate between positive and negative classes. The range of values is from 0.5 to 1. Higher values indicate better discrimination (De Hond et al., 2022: 853).

Cohen's Kappa was created to account for the probability that raters would guess on certain factors owing to uncertainty. The Kappa coefficient, like other correlation measures, can vary between -1 and +1 (Cohen, 1960: 37-46). The values for the Kappa coefficient in health research, as well as the degree of compliance, are as follows (McHugh, 2012): "0-0.20 (None)", "0.21-0.39 (Minimal)", "0.40-0.59 (Weak)", "0.60-0.79 (Moderate)", "0.80-0.90 (Strong)" and "Above 0.90 (Almost Perfect)".

2.5. Training and Testing

The stratified sampling method randomly selected observations from the dataset for the hospital role group to reduce variance between groups in the RF models. In the first model, we assigned 75% of the dataset ($n = 3873$) to the training dataset and 25% ($n = 1291$) to the testing dataset. Model 2

allocated 80% of the dataset ($n = 4130$) to the training dataset and 20% ($n = 1034$) to the testing dataset. Table 4 shows the training and testing sample sizes according to the models and hospital role class.

Table 4: Sample Sizes in the Training and Testing Sets by RF Model

Role	Model 1				Model 2			
	Training (%75)		Testing (%25)		Training (%80)		Testing (%20)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
A1	457	11.8	152	11.77	487	11.79	122	11.8
A1Branch	107	2.76	36	2.79	114	2.76	29	2.8
A2	430	11.1	143	11.08	458	11.09	115	11.12
A2Branch	99	2.56	33	2.56	106	2.57	26	2.51
B	824	21.28	274	21.22	878	21.26	220	21.28
C	1096	28.3	365	28.27	1169	28.31	292	28.24
D	580	14.98	194	15.03	619	14.99	155	14.99
E	280	7.23	94	7.28	299	7.24	75	7.25
Total	3873	100	1291	100	4130	100	1034	100

2.6. Data Preprocessing

The “center” and “scale” parameters at this stage normalize the variables in the data set. In this context, the “center” parameter normalizes the data by subtracting the mean of the predictor variable observations from the predictor variable values. Conversely, the “scale” parameter divides the data of the predictor variable by its standard deviation.

2.7. Tuning

We set the tune length to 10 in both RF classification models. The “tuneLength” parameter in the Caret package in R indicates the number of different values to try in the models. The parameter returns the optimal “mtry” value that gives the highest accuracy rate as a result of the trials. The package utilizes the tuning parameter mtry to randomly select the number of variables in each split of the decision tree. The system determined the tuning mtry range values between 2 and 10. The models take the default value of 500 for the ntree parameter, which indicates the number of trees to grow. We did not exceed this value due to the possibility of overfitting.

Table 5 displays the mtry values that yielded the highest accuracy rates in both models. The tuning results indicate that Model 1 used the mtry parameter value of 4, which yields the highest accuracy rate. At this parameter value, the accuracy rate reaches approximately 83.9%. On the other hand, in Model 2, the mtry parameter value with the highest accuracy rate is 5, and the accuracy rate increases to 83.6% with this parameter value. The second model sets the mtry parameter value at 5.

Table 5: The Accuracy Rates in RF Models vary depending on the Parameter Values during Tuning

Model 1					Model 2				
mtry	Accuracy	Kappa	AccuracySD	KappaSD	mtry	Accuracy	Kappa	AccuracySD	KappaSD
2	0.8370	0.8000	0.0140	0.0172	2	0.8343	0.7967	0.0182	0.0224
3	0.8361	0.7990	0.0147	0.0183	3	0.8356	0.7984	0.0178	0.0219
4	0.8387	0.8023	0.0154	0.0191	4	0.8357	0.7986	0.0158	0.0193
5	0.8378	0.8011	0.0156	0.0193	5	0.8358	0.7989	0.0166	0.0204
6	0.8357	0.7986	0.0169	0.0210	6	0.8346	0.7973	0.0175	0.0214
7	0.8354	0.7983	0.0177	0.0218	7	0.8345	0.7972	0.0166	0.0204
8	0.8343	0.7969	0.0168	0.0208	8	0.8331	0.7955	0.0165	0.0202
9	0.8320	0.7940	0.0161	0.0200	9	0.8326	0.7949	0.0161	0.0198
10	0.8311	0.7929	0.0183	0.0227	10	0.8302	0.7919	0.0162	0.0199

SD: Standard Deviation

2.8. Model Validation

Model validation assesses the generalizability of a statistical analysis’s results to an independent dataset (Seraj et al., 2023: 89). Various techniques are available for model validation. Cross-validation is a well-known and widely used method for model validation. Cross-validation (CV) comprises various data sampling techniques employed by algorithm developers to mitigate the risk of overoptimism in overfitted models. CV is used to assess the generalization performance of an algorithm and can additionally facilitate hyperparameter tuning and algorithm selection (Bradshaw et al., 2023). Cross-validation often yields less bias relative to holdout testing and has the distinct benefit of using the entire dataset for both training and testing. We used the repeated cross-validation method for validation in both RF models. This is because it is less biased than other methods in the literature. In a comparison of several cross-validation approaches on health data sets, 10-fold cross-validation

without replication was distinctly inferior to the alternatives, exhibiting significantly larger absolute and mean squared errors (Smith et al., 2014: 319). The established models used $k=10$ and set the number of repetitions for the repeated cross-validation method to 3.

3. RESULTS

To further evaluate model robustness and investigate potential overfitting, we assessed the performance of both RF Model 1 and Model 2 on the whole dataset. The classification metrics for each model, stratified by hospital role class, are summarized in Table 6.

The overall accuracy of Model 1 on the whole dataset is approximately 95.82% (CI: 95.23%-96.35%) at a 95% confidence interval (CI). The Kappa coefficient is 0.9489, indicating almost perfect agreement between the hospital role classes in the entire dataset and the predicted role classes. Conversely, Model 2 achieves an overall accuracy rate of 96.82% (95% CI: 96.31%-97.29%). The Kappa coefficient in Model 2 is 0.9612, indicating a nearly perfect fit. Model 2 outperforms Model 1 when evaluated based on the overall accuracy rate and Kappa coefficient. Similarly, when hospital role classes evaluate the models using the F-score and balanced accuracy rate metrics, Model 2 outperforms Model 1 across all role classes.

Table 6: Results Obtained on the whole Dataset by the RF Model and Hospital Role Class

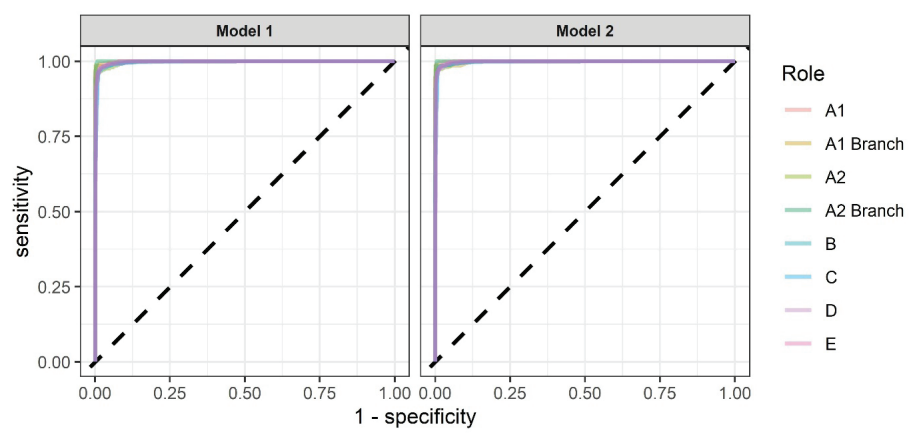
Model	Metric	A1	A1 Branch	A2	A2 Branch	B	C	D	E
Model 1	Sensitivity	0.969	0.951	0.951	0.939	0.959	0.973	0.951	0.917
	Specificity	0.998	1.000	0.994	0.999	0.988	0.982	0.989	0.997
	PPV*	0.988	0.986	0.954	0.961	0.956	0.956	0.940	0.961
	NPV**	0.996	0.999	0.994	0.998	0.989	0.989	0.991	0.994
	Precision	0.988	0.986	0.954	0.961	0.956	0.956	0.940	0.961
	Recall	0.969	0.951	0.951	0.939	0.959	0.973	0.951	0.917
	F Score	0.978	0.968	0.953	0.950	0.958	0.964	0.945	0.938
	Prevalence	0.118	0.028	0.111	0.026	0.213	0.283	0.150	0.072
	Balanced Accuracy	0.984	0.975	0.973	0.969	0.974	0.978	0.970	0.957

Model	Metric	A1	A1 Branch	A2	A2 Branch	B	C	D	E
Model 2	Sensitivity	0.979	0.951	0.960	0.955	0.972	0.977	0.961	0.944
	Specificity	0.999	1.000	0.996	0.999	0.990	0.986	0.992	0.998
	PPV*	0.990	1.000	0.970	0.969	0.963	0.965	0.958	0.970
	NPV**	0.997	0.999	0.995	0.999	0.992	0.991	0.993	0.996
	Precision	0.990	1.000	0.970	0.969	0.963	0.965	0.958	0.970
	Recall	0.979	0.951	0.960	0.955	0.972	0.977	0.961	0.944
	F Score	0.984	0.975	0.965	0.962	0.967	0.971	0.959	0.957
	Prevalence	0.118	0.028	0.111	0.026	0.213	0.283	0.150	0.072
	Balanced Accuracy	0.989	0.976	0.978	0.977	0.981	0.982	0.977	0.971

* PPV: Positive predictive value, ** NPV: Negative predictive value

Figure 1 displays the ROC curve produced by Models 1 and 2. Overall, Model 1 yielded an AUC value of 98.63%, while Model 2 yielded an AUC value of 98.89%, indicating near-perfect performance for both models. Therefore, a comparison of the two models reveals that Model 2 outperforms in terms of AUC value.

Figure 1: ROC Curve Obtained on the whole Dataset by the RF Model and Hospital Role Class

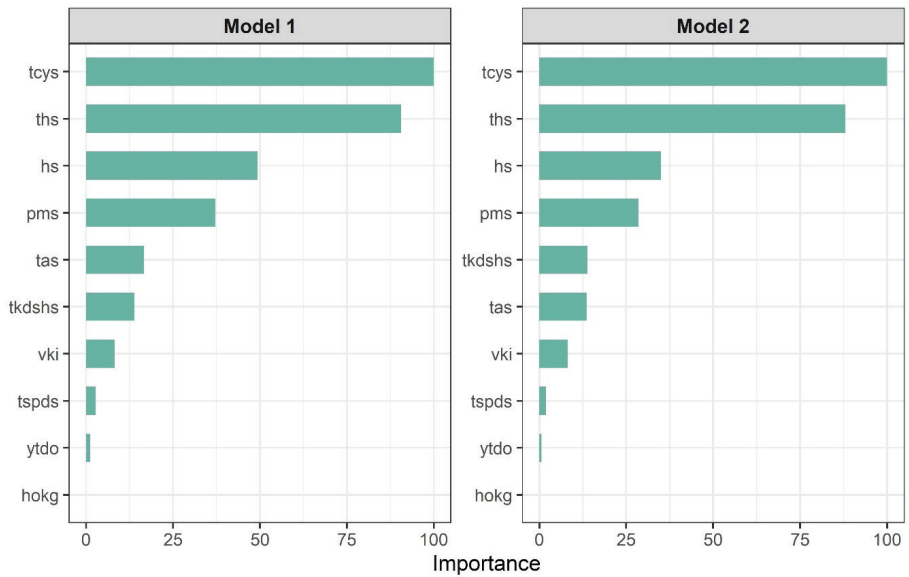


3.1. Importance Levels of Predictor Variables

After the RF models were trained and optimized, the importance scores of the predictor variables were calculated with the RF models and ranked from highest to lowest according to the model. Figure 2 illustrates the importance level of the predictor variables as determined by the RF models. The y-axis

represents the predictor variables, and the x-axis represents the importance scores of the variables. In the models, “tcys” (total number of hospital beds), “ths” (total number of physicians), “hs” (total number of nurses), and “pms” (number of outpatient clinic visits) are the first four predictor variables with the highest level of importance in predicting the hospital role class, respectively. Similarly, the variables with the lowest significance levels in both models are “hokg” (average length of stay) and “ytdo” (bed occupancy rate).

Figure 2: Importance Levels of Predictor Variables by RF Model



DISCUSSION AND CONCLUSION

This study developed and evaluated RF classification models to predict the role classifications of public hospitals in Türkiye and to identify the relative importance of key predictor variables. The findings demonstrate that RF is a highly effective and transparent method for predicting hospital roles at the national scale. Among the models created, RF Model 2 demonstrated superior predictive performance based on multiple evaluation metrics and was thus recommended as the most accurate model. According to the model evaluation results, RF Model 2 consistently outperformed RF Model 1 in both overall classification accuracy and class-level metrics. Specifically, Model 2 achieved an overall accuracy of 96.82% and a Kappa coefficient of 0.9612, compared

to 95.82% and 0.9489 for Model 1. The AUC values were also higher for Model 2 (0.9889) compared to Model 1 (0.9863). Furthermore, as shown in Table 6, Model 2 demonstrated better performance across all role classes in terms of F1 scores and balanced accuracy, supporting its robustness across diverse hospital types.

The strong predictive performance of RF aligns with the broader literature, which highlights its ability to handle complex nonlinear relationships and assess variable importance in health-related classification tasks (Krämer et al., 2019; Simsekler et al., 2021; Song et al., 2021; Hong et al., 2022). These characteristics make RF particularly suitable for national hospital classification systems, where organizational heterogeneity and multidimensional structural differences must be taken into account.

In Türkiye, there is no study on predicting the role class of hospitals using ML algorithms and other methods. Existing national research has generally focused on managerial or financial performance within predefined role groups (Keskin, 2018; Yılmaz & Şenel, 2019; Ekinci & Bakır, 2021; Koca & Demir Uslu, 2022; Babacan & Akça, 2024). In contrast, this study employs an algorithmic and data-driven classification method that offers a more objective and reproducible assessment framework. Internationally, the literature on hospital role classification using ML methods is also limited. The only comparable study was conducted in the United States by Dharmapala (2021), which classified 45 hospitals into three categories—village, county, and regional—using seven predictor variables and six ML algorithms. While the U.S. study achieved an accuracy of 93.3% using an ensemble subspace KNN model, its results were limited to a small regional sample. It used only accuracy and AUC as performance metrics. In contrast, the present study classified 716 public hospitals in Türkiye into eight distinct role categories (A1, A1-Branch, A2, A2-Branch, B, C, D, E), employed two RF models, and evaluated model performance using a broader set of metrics, including Kappa, F1 score, and balanced accuracy. Furthermore, this study provides class-specific model evaluation. It identifies key predictors of role classification, thereby offering more profound insights into the underlying structure of hospital roles at a national scale.

The identification of key predictive variables—such as bed capacity, staffing levels, and average length of stay—offers practical implications. These insights can support policymakers, strategic planners, and hospital administrators in designing more transparent, consistent, and evidence-based processes for role assignment and allocation. However, like most supervised learning techniques, the RF models could be further improved through expanded parameter tuning and the integration of additional predictors or alternative data sources. A remaining limitation is the exclusion of hospitals with incomplete data, underscoring the need for more standardized and comprehensive administrative datasets.

Although this study relies on RF as a supervised ML method, future research could explore alternative algorithms such as gradient boosting, SVMs, or deep learning models. Moreover, unsupervised ML approaches (e.g., clustering) could be used to uncover latent structures that may offer new or refined role groupings beyond the current administrative classification system. Such methods could contribute to more dynamic, adaptable hospital role frameworks that reflect the evolving complexity of healthcare delivery.

Overall, the results indicate that RF-based classification can support data-driven decision-making, improve transparency in role determination, and optimize resource allocation. The proposed modeling framework is adaptable and can be applied to other countries or health systems; however, its generalizability must be carefully considered. Because the model was trained on Türkiye-specific classification objectives, it cannot be applied to another context on a purely “plug-and-play” basis. Nonetheless, the methodological roadmap—objective variable selection, estimation of variable importance, and validation of administrative classification—offers a universal structure. Furthermore, health systems change over time, introducing the risk of model drift. Therefore, the model should be maintained using a dynamic MLOps approach, with continuous monitoring and periodic retraining based on up-to-date data.

In conclusion, RF-based hospital role prediction represents a promising tool for strengthening health system governance. In an era where healthcare systems are increasingly expected to “do more with less,” data-driven decision support models, such as the one proposed in this study, can facilitate more informed and equitable healthcare planning.

REFERENCES

- Adjei, H.P., Weyori, B., Boateng, O.N., Adekoya, A.F., Nti, I.K. (2023). Predicting Diabetes Using Cohen's Kappa Blending Ensemble Learning. *International Journal of Electronic Healthcare*, 13(1):1. <https://doi.org/10.1504/ijeh.2023.10052670>
- Akdağ, R. (2012). Turkey Health Transformation Program Assessment Report (2003-2011), Ministry of Health of Turkey, Ankara.
- Alam, Md. Z., Rahman, M.S., Rahman, M.S. (2019). A Random Forest based predictor for medical data classification using feature ranking. *Informatics in Medicine Unlocked* 15:100180. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2019.100180>
- An, Q., Rahman, S., Zhou, J., & Kang, J. J. (2023). A Comprehensive Review on Machine Learning in the Healthcare Industry: Classification, Restrictions, Opportunities, and Challenges. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(9), 4178. <https://doi.org/10.3390/s23094178>
- Arnold, J. (2024). ggthemes: Extra Themes, Scales and Geoms for 'ggplot2'. R package version 5.1.0.
- Atasever, M. (2021). Sağlık Kurumları İşletmeciliği ve Hastane Yönetimi, Akademisyen Kitabevi: Ankara.
- Babacan, A., & Akca, N. (2024). Kamu Hastanelerinin Finansal Performansının Oran Analizi ile Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (101), 21-44. <https://doi.org/10.25095/mufad.1313428>
- Bailly, A, Blanc, C, Francis, É., Guillotin, T, Jamal, F, Wakim, B, & Roy, P. (2022). Effects of dataset size and interactions on the prediction performance of logistic regression and deep learning models. *Computer methods and programs in biomedicine*, 213, 106504. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106504>
- Ben-David, A. (2007). About the relationship between ROC curves and Cohen's kappa. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 21(6), 874-882. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2007.09.009>
- Bhadouria, A.S., Singh, R.K. (2024). Machine learning model for healthcare investments predicting the length of stay in a hospital & mortality rate. *Multimed Tools Appl* 83, 27121-27191. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16474-8>
- Bradshaw, T.J., Huemann, Z., Hu, J., & Rahmim, A. (2023). A Guide to Cross-Validation for Artificial Intelligence in Medical Imaging. *Radiology. Artificial intelligence*, 5(4), e220232. <https://doi.org/10.1148/ryai.220232>
- Breiman, L. (2001) Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Brodersen, K.H., Ong, C.S, Stephan, K.E and Buhmann, J.M. (2010). The Balanced Accuracy and Its Posterior Distribution. 2010 20th International Conference on Pattern Recognition, Istanbul, Türkiye, 3121-3124. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2010.764>

- Butt, U.M, Letchmunan, S, Ali, M, Hassan, F.H, Baqir, A, & Sherazi, H.H.R. (2021). Machine Learning Based Diabetes Classification and Prediction for Healthcare Applications. *Journal of healthcare engineering*, 2021, 9930985. <https://doi.org/10.1155/2021/9930985>
- Choi, J.H., Choi, E.S., & Park, D. (2023). In-hospital fall prediction using machine learning algorithms and the Morse fall scale in patients with acute stroke: a nested case-control study. *BMC medical informatics and decision making*, 23(1), 246. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02330-0>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Corporation, M, Weston, S. (2025). doParallel: Foreach Parallel Adaptor for the 'parallel' Package. R package version 1.0.17, <https://github.com/revolutionanalytics/doparallel>
- De Hond, A.A.H., Steyerberg, E.W., & van Calster, B. (2022). Interpreting the area under the receiver operating characteristic curve. *The Lancet. Digital health*, 4(12), e853–e855. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00188-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00188-1)
- De Oliveira, H., Prodel, M., Augusto, V. (2018). Binary Classification on French Hospital Data: Benchmark of 7 Machine Learning Algorithms. 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1743-1748. <https://doi.org/10.1109/smc.2018.00301>
- Dharmapala, P. (2021). A Classification of Hospitals using Performance Features and Machine Learning Algorithms in the Event of Random Surge in Inpatients and Prediction of Live Discharges. *Journal of Analytics* 1(1):20-41. <https://doi.org/10.29020/nybg.ja.v1i1.2>
- Ekinci, G. & Bakır, İ. (2021). Sağlık Kurumlarında Finansal Performans Analizi A1 Dal Hastanesi Örneği. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 7(1), 1-18.
- Garnier, S, Ross, N, Rudis R, Sciaini, M, Camargo, AP et al. (2024). viridis(Lite)-Colorblind-Friendly Color Maps for R. viridis package version 0.6.5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4679423>
- Griffin, D.J. (Ed.) 2012, *Hospitals: what they are and how they work*, Fourth Edition, Jones & Bartlett Learning: Sudbury.
- Habebh, H., & Gohel, S. (2021). Machine Learning in Healthcare. *Current genomics*, 22(4), 291–300. <https://doi.org/10.2174/1389202922666210705124359>
- Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). Classification. In: *Data Mining*, Third Edition, Elsevier: Waltham, MA. 327-391. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-381479-1.00008-3>
- Healy, J. and McKee, M. (2002). The Role and Function of Hospitals. McKee, M. and Healy, J. (Eds). *Hospitals in a Changing Europe*. Open University Press, Maidenhead, pp. 59-82.

- Hong, W., Lu, Y., Zhou, X., Jin, S., Pan, J., Lin, Q., Yang, S., Basharat, Z., Zippi, M., & Goyal, H. (2022). Usefulness of Random Forest Algorithm in Predicting Severe Acute Pancreatitis. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 12, 893294. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.893294>
- Jackins, V., Vimal, S., Kaliappan, M. et al. (2021). AI-based smart prediction of clinical disease using a random forest classifier and Naive Bayes. *J Supercomput* 77, 5198–5219. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03481-x>
- Jamal, F., Ahmadini, A. A. H., Hassan, M. M., Sami, W., Ameen, M., & Naeem, A. (2024). Exploring critical factors in referral systems at different health-care levels. *World Medical & Health Policy*, 16, 729–744. <https://doi.org/10.1002/wmh3.632>
- Jaotombo, F., Pauly, V., Fond, G., Orleans, V., Auquier, P., Ghattas, B., & Boyer, L. (2022). Machine-learning prediction for hospital length of stay using a French medico-administrative database. *Journal of market access & health policy*, 11(1), 2149318. <https://doi.org/10.1080/20016689.2022.2149318>
- Kassambara, A. (2022). Ggpubr: 'Ggplot2' Based Publication Ready Plots. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggpubr/index.html>
- Keskin, H.İ. (2018). Türkiye’de Sağlıkta Dönüşüm Programı ve Kamu Hastanelerinin Etkinliği. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 18(38), 124-150. <https://doi.org/10.25294/auibfd.492741>
- Koca, M., and Demir Uslu, Y. (2022). Health Efficiency Scorecard Applications, Retrospective Evaluation of Hospitals’ Efficiency with Stochastic Boundary Approach: The Case of AI Role Group Hospitals, *Türkiye Klinikleri J Health Sci*. 7(1): 212-20. <https://doi.org/10.5336/healthsci.2021-81180>
- Korkmaz, E. ve Tercan, Ş. (2023). Sağlık Hizmetlerinin Sunumunda Yeni Bir Uygulama Alanı Olarak Medikal Muhasebe Üzerine Bir Araştırma. *Sayıştay Dergisi*, 34(130), 441-467. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1335177>
- Köse, H.Ö. and Polat, N. (2021), Dijital Dönüşüm ve Denetimin Geleceğine Etkisi, *Sayıştay Dergisi*, 32(123): 9-41 <https://doi.org/10.52836/sayistay.1068328>
- Krämer, J., Schreyögg, J., & Busse, R. (2019). Classification of hospital admissions into emergency and elective care: a machine learning approach. *Health care management science*, 22(1), 85–105. <https://doi.org/10.1007/s10729-017-9423-5>
- Kuhn, M. (2008). Building Predictive Models in R Using the caret Package. *Journal of Statistical Software*, 28(5), 1-26. <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
- Kuhn, M., Wickham, H. (2020). Tidymodels: a collection of packages for modeling and machine learning using tidyverse principles. <https://www.tidymodels.org>
- Li, L., Du, T., & Zeng, S. (2022). The Different Classification of Hospitals’ Impact on Medical Outcomes of Patients in China. *Frontiers in public health*, 10, 855323. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.855323>

- McHugh, M.L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia Medica* 276-282. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.031>
- Ministry of Health (2011). Health Services Requiring Specialized Planning in Türkiye 2011-2023. Publication No: 836, AG Design: Ankara.
- Ministry of Health (2023). Ministry of Health Criteria for Determining the Roles of Inpatient Health Facilities. Date of the document: March 8, 2023. Number of the document: E-83913885. Ankara. <https://www.saglik.gov.tr/TR-11024/saglik-bolge-planlamasi-hakkinda-genelge-ile-hastane-yatak-ve-rolleri-tescil-onayi-201050.html>, 22.04.2025
- Müller, K. (2020). Here: A Simpler Way to Find Your Files. R package version 1.0.1.
- Müller, K, Wickham, H. (2023). tibble: Simple Data Frames. R package version 3.2.1, <https://tibble.tidyverse.org/>
- Olsen, L., Zachariae, H. (2024). CVMS: Cross-Validation for Model Selection. R package version 1.6.2.
- Övgün, B., and Küçük, A. (2013). Rescaling in Health Services: Regional Applications. *Amme İdaresi Dergisi*, 46(1), 57-80.
- Polat, M. (2024). Yapay Zekânın Denetimde Kullanılması ve Etik Sorunlar. *Sayıştay Dergisi*, 35(134), 395-423. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1554497>
- Posit Team (2024). RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. <http://www.posit.co/>
- R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Robin, X., Turck, N., Hainard, A., Tiberti, N., Lisacek, F., Sanchez, J.C., & Müller, M. (2011). pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. *BMC Bioinformatics*, 12, 77. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-77>
- Sarker, I.H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN computer science*, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Schauberger, P, Walker, A. (2024). openxlsx: Read, Write and Edit xlsx Files. R package version 4.2.7.1, <https://github.com/ycphs/openxlsx>
- Seraj, A, Mohammadi-Khanaposhtani M, Daneshfar R, Naseri M, Esmaeili M, Baghban A, et al. (2023). Cross-validation. In: *Handbook of Hydroinformatics*. Elsevier. p.89-105.
- Simsekler, M. C. E., Alhashmi, N. H., Azar, E., King, N., Luqman, R. A. M. A., & Al Mulla, A. (2021). Exploring drivers of patient satisfaction using a random forest algorithm. *BMC medical informatics and decision making*, 21(1), 157. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01519-5>

- Smith, G.C, Seaman, S.R, Wood, A.M, Royston, P, & White, I.R. (2014). Correcting for optimistic prediction in small data sets. *American journal of epidemiology*, 180(3), 318–324. <https://doi.org/10.1093/aje/kwu140>
- Song, M., Jung, H., Lee, S., Kim, D., & Ahn, M. (2021). Diagnostic Classification and Biomarker Identification of Alzheimer's Disease with Random Forest Algorithm. *Brain sciences*, 11(4), 453. <https://doi.org/10.3390/brainsci11040453>
- Tatar, M., Mollahaliloğlu, S., Şahin, B., Aydın, S., Maresso, A., HernándezQuevedo, C. (2011). Turkey: Health system review. *Health Systems in Transition*, 13(6):1–186.
- Thölke, P., Mantilla-Ramos, Y. J., Abdelhedi, H., Maschke, C., Dehgan, A., et al. (2023). Class imbalance should not throw you off balance: Choosing the right classifiers and performance metrics for brain decoding with imbalanced data. *NeuroImage*, 277, 120253. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120253>
- Tseng, S.F., Lee, T.S., & Deng, C.Y. (2015). Cluster analysis of medical service resources at district hospitals in Taiwan, 2007–2011. *Journal of the Chinese Medical Association*, 78(12), 732–745. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2015.05.013>
- Vieira-Meyer, A.P.G.F., Coutinho, M.B., Santos, H.P.G., Saintrain, M.V., & Candeiro, G.T.M. (2022). Brazilian Primary and Secondary Public Oral Health Attention: Are Dentists Ready to Face the COVID-19 Pandemic?. *Disaster medicine and public health preparedness*, 16(1), 254–261. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.342>
- Waring, E, Quinn, M, McNamara, A, Arino de la Rubia E, Zhu H, Ellis S. (2022). skimr: Compact and Flexible Summaries of Data. R package version 2.1.5, <https://github.com/ropensci/skimr>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wickham, H, François, R, Henry, L, Müller, K. and Vaughan, D. (2023). dplyr: A Grammar of Data Manipulation. <https://dplyr.tidyverse.org>
- Wickham, H. and Bryan, J. (2023) Readxl: Read Excel Files R Package Version 1.4.3. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Wickham, H, Vaughan D, Girlich M (2025). tidy: Tidy Messy Data. R package version 1.3.1.9000, <https://github.com/tidyverse/tidy>
- Xie, F., Zhou, J., Lee, J.W., Tan, M., Li, S., Rajnthern, L.S., Chee, M.L., Chakraborty, B., Wong, A. I., Dagan, A., Ong, M.E.H., Gao, F., & Liu, N. (2022). Benchmarking emergency department prediction models with machine learning and public electronic health records. *Scientific data*, 9(1), 658. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01782-9>
- Yılmaz, F. & Şenel, İ.K. (2019). Sağlık Kurumlarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Sosyal Güvence* (15), 63–88. <https://doi.org/10.21441/sosyalguvence.600856>

KAMU HASTANELERİNİN ROL SINIFLANDIRMASINDA VERİYE DAYALI BİR YAKLAŞIM: TÜRKİYE'DEN KANITLAR

Tevfik BULUT

Aziz KÜÇÜK

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Hastane sınıflandırması, modern sağlık sistemlerinde kaynakların dengeli dağılımı ve etkin kullanımı, sağlık hizmetlerine erişimin artırılması ve hastaların uygun bakım düzeyine yönlendirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, 2003 yılında başlatılan Sağlıkta Dönüşüm Programı çerçevesinde sağlık kaynaklarının etkin tahsisini sağlamak ve atıl kapasite oluşumunu önlemek amacıyla bölgesel planlama çalışmaları yürütülmüştür. Bölgesel planlamalar; Türkiye'nin coğrafi çeşitliliği, nüfus dağılımı, sağlık merkezlerine olan uzaklık, ulaşım altyapısı ve mevcut sağlık hizmeti envanteri göz önünde bulundurularak şekillendirilmiştir. Bu çerçevede, 2009 yılında kamu hastanelerinin hizmet sunum rolleri yeniden tanımlanmış ve hastaneler çeşitli kriterler doğrultusunda sekiz farklı rol sınıfına (A1, A1-Dal, A2, A2-Dal, B, C, D, E) ayrılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki kamu hastanelerinin rol sınıflarını Rastgele Orman (Random Forest, RF) algoritmaları kullanarak tahmin etmek ve elde edilen sonuçları mevcut sınıflandırma ile karşılaştırarak en yüksek performansı gösteren modeli belirlemektir. Türkiye'de hastane rol sınıflarının makine öğrenmesi yöntemleriyle öngörülmesine yönelik literatürde herhangi bir ulusal düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Bu yönüyle çalışma, kamu hastanelerinin rol temelli sınıflandırmasına odaklanan, veriye dayalı ilk kapsamlı analiz olarak öne çıkmaktadır.

Çalışmada, Sağlık Bakanlığına bağlı 716 kamu hastanesine ait 2015–2023 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Hastane rol sınıfı bağımlı değişken olarak tanımlanırken, bu sınıfı tahmin etmek amacıyla 10 bağımsız (öngörücü) değişken modele dâhil edilmiştir. Veri işleme ve analiz süreçleri ile sonuçların dışa aktarımı, R programlama dili ve R Studio yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. RF modellerinin performansını artırmak amacıyla, "tuneLength" parametresi 10 olarak belirlenmiş ve "mtry" değeri optimize edilmiştir. Çalışmada iki farklı RF modeli (Model 1 ve Model 2) geliştirilmiş; bu modeller genel doğruluk, Cohen'in Kappa katsayısı, eğri altı alan (AUC), F1 skoru ve dengelenmiş doğruluk gibi çeşitli performans ölçütleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın bulguları, Model 2'nin genel performans açısından Model 1'e kıyasla üstün sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu üstünlük hem genel performansta hem de hastane rol sınıfları özelinde yapılan analizlerde geçerlidir. Model 2, %96,82 doğruluk, 0,9612 Kappa katsayısı ve 0,9889 AUC değeri ile öne çıkarken; tüm hastane rol sınıflarında daha yüksek F1 skoru ve dengelenmiş doğruluk sergilemiştir. Değişken önem analizine göre; toplam yatak sayısı, hekim sayısı, hemşire sayısı ve poliklinik başvuru sayısı en etkili öngörücü değişkenler olarak belirlenmiştir. Buna karşın, ortalama yatış süresi ve yatak doluluk oranının sınıflandırma üzerindeki etkisi oldukça düşük bulunmuştur. Bu doğrultuda, Türkiye'de kamu hastanelerinin rol sınıflarını tahmin etmek için en uygun modelin Model 2 olduğu sonucuna varılmıştır.

Elde edilen bulgular, RF algoritmasının hastane rol sınıflandırmasının yüksek doğruluk ve şeffaflıkla öngörülmesinde etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Geliştirilen model, sadece sınıflandırma başarısıyla değil, aynı zamanda öngörücü değişkenlerin önem düzeylerini belirleyerek politika yapıcılara karar destek sunması açısından da değerlidir. Model, mevcut hastanelerin rollerinin yeniden değerlendirilmesi veya yeni kurulacak hastaneler için rol atamasının nesnel ve veri temelli biçimde yapılmasına olanak sağlamaktadır. Uluslararası literatürde, hastane sınıflandırmasını makine öğrenmesi teknikleriyle inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır ve çoğunluğu, Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilen bir araştırma gibi, yerel düzeyde kalmaktadır. Bu bağlamda, önerilen yöntem yalnızca Türkiye'ye özgü bir katkı sunmakla kalmamakta; aynı zamanda farklı ülke ve sağlık sistemlerinde hastane sınıflandırmalarına uyarlanabilecek yapısıyla, kaynak tahsisi ve stratejik sağlık planlamasına yönelik küresel tartışmalara da katkı sağlamaktadır.



DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKANIN TARIM POLİTİKASI VE UYGULAMALARINDAKİ YERİ

THE ROLE OF DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURAL POLICY AND PRACTICES

Ahmet BAĞCI¹

ÖZ

Gıda güvenliği, iklim değişikliği ve artan nüfus gibi küresel zorluklara çözüm üretmede dijital teknolojiler kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle hassas tarım, akıllı sulama sistemleri, drone tabanlı izleme ve veri analitiği gibi uygulamalar tarımsal verimliliğin ve sürdürülebilirliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler; toprak analizi, hastalık ve zararlı tespiti, verim tahmini ve kaynak yönetimi gibi alanlarda karar destek mekanizmalarını güçlendirmektedir. Veri odaklı politikaların geliştirilmesi, tarımsal desteklerin daha etkili hedeflenmesi ve çevresel etkilerin daha iyi yönetilmesi gibi konularda yapay zekâ önemli bir araç olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan hareketle çalışmada tarımda dijital dönüşüm ve yapay zekâ kullanımının dünyada ve Türkiye'deki uygulamaları ile bu alanda yaşanan zorluklar ve çözüm önerileri ortaya konulmaktadır. Tarım politikalarının tespiti, planlanması ve koordinasyonu ile uygulanmasından sorumlu Tarım ve Orman Bakanlığı'nın dijital dönüşüm ve yapay zekâ teknolojileri alanındaki çalışmaları, tarım politikalarının daha etkin, sürdürülebilir ve esnek hale getirilmesinde stratejik bir rol oynamaktadır.

1- Dr., Tarım ve Orman Bakanlığı Bakan Yardımcısı, ahmet.bagci@tarimorman.gov.tr, ORCID: 0000-0002-2029-6641

Gönderim/Submitted: 29.09.2025, **Revizyon/Revised:** 04.11.2025, **Kabul/Accepted:** 07.11.2025

Atıf/To Cite: Bağcı, A. (2025). Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekanın Tarım Politikası ve Uygulamalarındaki Yeri. Sayıştay Dergisi, 36(139), 831-858. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1792920>

ABSTRACT

Digital technologies play a critical role in addressing global challenges, including food security, climate change, and population growth. Applications, such as precision agriculture, smart irrigation systems, drone-based monitoring, and data analytics, can contribute to increased agricultural productivity and sustainability. Artificial intelligence (AI)-supported systems also enhance decision support mechanisms in domains such as soil analysis, disease and pest detection, yield estimation, and resource management. The application of AI has emerged as a pivotal instrument in the development of data-driven policies, the more effective targeting of agricultural support, and the enhanced management of environmental impacts. The study presents an examination of the applications of digital transformation and AI in agriculture around the world and in Türkiye. It also discusses the challenges encountered in this field and possible solutions. The Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), which is responsible for identifying, planning, coordinating, and implementing agricultural policies, plays a strategic role in making agricultural policies more effective, sustainable, and flexible through its work in the field of digital transformation and artificial intelligence technologies.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, Yapay zeka, Kamu politikaları, Tarım sektörü, Sürdürülebilir tarım.

Keywords: Digital transformation, Artificial intelligence, Public policies, Agricultural sector, Sustainable agriculture.

GİRİŞ

Dijital teknolojideki hızlı ilerleme, tarım ve gıda sistemi de dahil olmak üzere ekonominin her sektörünü etkilemektedir. Nitekim dijital teknoloji ve tarımdaki kullanım alanları özellikle son yıllarda önemli şekilde yaygınlaşmıştır. Uydu görüntülerine dayalı uzaktan algılama verileri, daha yüksek çözünürlüklerde ve daha düşük maliyetlerle giderek daha fazla kullanılabilir hale gelmektedir. Sensörler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği, drone'lar, uzaktan algılama ve mobil uygulamalar gibi araçlar, bitkisel ve hayvansal üretimde depolama, dönüştürme ve satış performansını belirleyen temel parametrelerin gerçek zamanlı ölçülmesine ve izlenmesine olanak sağlamaktadır.

Yapay zekâ ve makine öğrenimindeki (ML) ilerlemeler, artan veri kullanılabilirliği ve büyük veri analizi ile birleştiğinde, analitik ve karar destek sistemlerinden hassas tarım ve otomasyona kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yapay zekâ, makine öğrenmesi verilerini kullanarak hastalık tanımlama, haşere yönetimi, zararlı tespiti ve kontrolü, hasat, ürün seçimi, hassas sulama ve gübreleme alanındaki yetkinliği kullanılarak tarımsal

Üretimin önemli bir bileşeni olan mahsul yönetimini kolaylaştırabilir (Shafik vd., 2025). Günümüzde büyük miktardaki veri, makine öğrenimi ve derin öğrenmedeki önemli ilerlemeler sayesinde karar alma süreçlerini iyileştirebilir, veriler üzerinde derinlemesine çalışılabilir, zahmetli işleri otomatikleştirebilir ve verimliliği artırmanın yanı sıra tarımda üretimi ve sürdürülebilirliği artırmak için de kullanılabilir. Yapay zekâ, büyük miktarda veriyi hızlı bir şekilde analiz etme yeteneği sayesinde, tarımda hava durumu, toprak nemi, sıcaklık gibi faktörlere dayalı tahminler yapabilmesi sayesinde iklim değişikliği ve hava koşulları göz önünde bulundurularak mahsul ekim zamanları optimize edilebilir.

Tarım sektörünün, karar verme süreçlerini geliştirmek için yapay zekâ teknolojisini benimseme kararını etkileyen çeşitli nedenler bulunmaktadır. Bu nedenlerin başında veri erişilebilirliğinin iyileştirilmesi ve erişilebilen verilerin miktarındaki belirgin artış gelmektedir. Veri erişimindeki artış, sensör kullanımının artması, uydu görüntülerine hızlı erişim, veri kaydedici maliyetlerinin düşmesi, drone kullanımının artması ve kamu veri havuzlarına erişimin iyileşmesi gibi sektör gelişmeleriyle mümkün hale gelmiştir (Javaid vd., 2023). Dijital teknolojilerin tarımsal üretim, işleme, lojistik, perakende ve ticarete geniş kapsamlı dönüşümlere yol açacağına şüphe olmasa da asıl soru bu teknolojilerin ne kadar hızlı gelişeceği, en zorlayıcı kullanım örneklerinin neler olacağı ve kimlerin faydalanacağıdır. Dijital teknolojiye dayalı ilerleme, daha iyi karar alma, risk yönetimi, girdilerin daha verimli kullanımı ve bilgiye, pazarlara ve destek hizmetlerine daha iyi erişim yoluyla verimli ve sürdürülebilir bir tarım ekosistemine katkıda bulunmaktadır. Öte yandan, veriye dayalı piyasa gücünün yoğunlaşması piyasada dengesizliklere yol açmakta, dijital teknoloji kullanımı açısından üreticiler arasındaki farklılıklar da sistem içinde çeşitli risklere neden olmaktadır.

Bu çalışmada tarımda dijital dönüşüm ve yapay zekâ kullanımının dünyada ve Türkiye'deki uygulamaları ile bu alanda yaşanan zorluklar ve çözüm önerileri ortaya konulmaktadır. Bu amaçla, çalışmanın ikinci bölümünde dijital dönüşüm ve yapay zekâ kavramlarının tanımı ve gelişimine yer verildikten sonra, üçüncü bölümde tarımda dijital dönüşüm alanındaki mevcut durum analiz edilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, dijital dönüşüm ve yapay zekâ açısından tarım sektörünün karşılaştığı zorluklar ve çözüm önerileri değerlendirildikten sonra, son bölümde çalışmanın sonuçlarına yer verilmektedir.

1. DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKANIN DÖNÜŞTÜRÜCÜ GÜCÜ

Dijitalleşme ve yapay zekâ kullanımı yaşamın çeşitli yönlerine nüfuz ederek pek çok ülkede hayatın önemli bir parçası haline gelmiştir. Dijital teknolojiler ve yapay zekâ kullanımı, günlük hayatta bireysel kullanımın yanı sıra, işletmelerde çalışma şekillerinin değişimi ile kamu yönetimi ve hizmetlerinin sunumunda da önemli yenilikler sunmaktadır. Bu anlamda, dijital dönüşüm süreci birçok yönden hayatımızı iyileştirme potansiyeline sahiptir. Dijitalleşme ile yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ve benimsenmesi, yenilikçiliği artırmak, üretkenlik artışını hızlandırmak ve rekabet gücünü ve teknolojik egemenliğini güçlendirmek için eşsiz bir fırsat sunmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2025).

Dijital teknolojiler son yıllarda sosyal bilimler alanına da giderek daha fazla girmiş ve kamu yönetimini dönüştüren en güçlü araçlardan biri haline gelmiştir (Damar vd., 2024; Yavuz ve Özgül, 2025). Yapay zekanın kullanım alanlarının çeşitlenmesi, dünya çapında ülkelerin hem politika belgelerini hem de uygulamalarını yönlendirmek için adımlar atmasını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle ülkeler, ulusal ihtiyaçlar ve uluslararası gelişmelere uygun bir yol haritası niteliğinde strateji belgeleri oluşturmaya ve bu alandaki kullanım çerçevelerini belirlemeye başlamıştır (Sousa vd., 2019). Türkiye’de de dijital dönüşüm ve yapay zekâ, kalkınma planları gibi üst düzey politika belgelerine giderek daha ayrıntılı bir şekilde dahil edilmiş ve bu belgelere dayalı olarak stratejik eylem planları oluşturulmaktadır. Bununla birlikte sağlık, eğitim ve kamu maliyesi gibi çeşitli alanlarda, e-ticaret uygulamaları, sesli yanıt sistemleri, yer ve yön bulma sistemleri, yüz tanıma, güvenlik, ses ve metin işleme sistemleri gibi pratik projeler de hayata geliştirilmektedir (Tuğaç, 2023).

Kamu sektöründe kullanımı giderek artan dijital teknolojiler ve yapay zekânın kritik bir önem taşıdığı ve verimliliği artırdığı yönünde çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kocaman, 2024; Misra vd., 2020; Polat, 2024; Köse ve Polat, 2021). Sevinç (2025) çalışmasında, yapay zekânın yönetim sürecindeki yeri, karar alma süreçlerindeki rolü ve kamu politikalarındaki etkilerini değerlendirerek, yapay zekanın şeffaflık, hesap verebilirlik ve etkinlik açısından sunduğu fırsatları değerlendirmiştir. Veri tabanlı yapay zekâ uygulamaları insan müdahalesi olmadan karar alma yetisine sahiptir. Bu da kamu hizmetlerinin etkin, doğru ve daha hızlı sunulmasına olanak sağlamıştır (Boyalı, 2025). Dolayısıyla, veriye dayalı yapay zekâ uygulamaları, kamu politikalarında karar alma süreçlerinde

önemli bir aktör olarak görülebilir. Kaya (2024) çalışmasında, dijital dönüşüm sürecinin Türkiye kamu hizmetlerindeki yerini analiz etmiştir. Buna göre, kamu yönetiminde karar destek sistemi, hizmet sunumu, istihdam politikaları ve denetim süreçlerinde yapay zekâ uygulamaları geniş bir yer tutmaktadır. Kamu sektöründe, yapay zekâ uygulamaları ayrıca karar verme süreçlerinde problemlerin modellenmesi, oluşan modellerin çözümlenmesi ve analizi için de kullanılmaktadır (Ersöz ve Kabak, 2010). Bunun yanı sıra, dijitalleşme kamu hizmetlerinin sunulma biçimlerinde dönüşüm süreci başlatmıştır (Tamer ve Övgün, 2020). Nitekim vatandaşlara yönelik hizmetlerde e-devlet gibi web-tabanlı uygulamalar, mobil uygulamalar ve çağrı merkezleri pek çok hizmetin kolaylıkla sağlanmasına imkân tanımaktadır. Sadece merkezi yönetimler değil yerel yönetimler de e-belediyeçilik hizmetleriyle dijital hizmetler sunmaktadır (Çakır, 2015). Öte yandan, kamuda sektöründe öğrenme ve karar vermeye dayalı yapay zekâ kullanımından ziyade dijital otomasyon süreci daha yaygın olup, yapay zekanın gelişme potansiyelinin daha fazladır.

2. TARIM SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKÂ

Pek çok alanda olduğu gibi tarım sektörü de dijital dönüşüm alanındaki gelişmelerden payını alarak geleneksel tarımdan dijital tarıma doğru yol almaktadır. Tarımda ilk dönüşüm adımları yirminci yüzyılın başlarında mekanizasyonun tarıma entegre edilmesiyle başlamıştır. Tarımsal üretimde mekanik ekipman ve elektrik kullanımını (Tarım 2.0) takiben, 1960'larda yaşanan yeşil devrim, seri üretim teknikleri ve ıslah çalışmalarıyla daha verimli ve çeşitli ürünlerin üretilmesinin yolunu açarak tarımsal üretimde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Üçüncü tarım devrimi (Tarım 3.0) bilgisayar otomasyon sistemleriyle hassas tarım uygulamalarının gelişmesiyle yaşanmıştır. Dijital tarım devrimi ise Tarım 4.0 olarak bilinmekte ve bilgi iletişim teknolojileri gibi yenilikçi sistemlerin tarımsal üretimde kullanılmasını ifade etmektedir (Göl ve Tarhan, 2024). Akıllı ve sürdürülebilir tarımın, yapay zekâ, robotik, biyoteknoloji ve sürdürülebilir enerji çözümleriyle birleşmesiyle oluşan tarımsal üretim modelleri ise tarımın geleceği olan Tarım 5.0 dönüşümüne öncülük etmektedir (Tutar vd., 2025). Söz konusu dönüşüm süreci gerek karar alma mekanizmalarında gerekse tarımsal üretimde verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Geleneksel tarım yöntemleri gıda taleplerini karşılamada yetersiz olduğundan ve artan küresel nüfusa karşılık azalan çiftçi nüfusu ve personel eksikliği, tarım sektörünü yenilikçi çözümler aramaya ve otomatik yöntemlerin geliştirilmesine teşvik etmiştir (Vardhan vd., 2025). Yapay zekâ, tarımda verimliliği artırmak, kaynakları daha verimli kullanmak, üretim süreçlerini optimize etmek ve çevresel etkileri azaltmak için birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Subueesh ve Mehta, 2021; Kashapov vd., 2019). Bundan dolayı makine öğrenimi, derin öğrenme, sinir ağları ve veri analitiği gibi büyük veri ve yapay zekâ uygulamalarının tarımdaki mevcut yöntemleri dönüştürücü rolü ve sürdürülebilir tarım yöntemlerine olan katkısı büyüktür.

Dijital tarımda yapay zekâ uygulamaları üreticilerin, sensörler, robotlar ve dronlar aracılığıyla veri toplaması, işlemcilerin kapasitesindeki artış ve bulut sistemlerinin yaygınlaşmasıyla giderek daha mümkün hale gelmektedir (Vardhan vd., 2025). IoT, büyük veri ve analitiği, derin öğrenme (DL), makine öğrenmesi (ML), robotik, görüntü işleme, yapay sinir ağları ve kablosuz sensör ağları (WSN), tarımsal problemleri çözmek için kullanılan en son teknoloji yapay zekâ yaklaşımlarından bazılarıdır.

Tarımda yapay zekânın kullanımlarının çok sayıda uygulaması vardır (Örnekler için bkz. Tablo 1). Yapay zekâ, hava durumu tahminleri, toprak analizleri ve zararlı tespiti gibi pek çok aşamada üreticiye girdi sağlayarak üretimde proaktif bir yaklaşımla ürün verimliliğinin artırılmasında etkili olabilir.

Tablo 1: Tarımda YZ Uygulamaları

Hava durumu tahmini	Bitki hastalıklarının tahmini	Toprak kusurlarının tespiti	Daha sağlıklı ve verimli ürün elde edilmesi
Mahsul hakkında doğru bilgi edinilmesi	Çiftlik düzeyinde bütçe yönetimi ve israfı önleme	Hassas ve kontrollü tekniklerle üretim	Çiftçilerin verimliliğini artırmak
Anomali ve yabancı maddelerin tespiti	Mahsul yetiştirme ve hasat etmeye yardımcı olma	Tahmine dayalı analizleri yönlendirmesi	Kendi kendine giden traktörler
Su yönetimi konusunda uygun rehberlik	Belirli mahsullerin ekimi için yer belirleme	Gıda kıtlığı sorununu çözmeye katkı	Eğitimde yapay zeka kullanımı

Kaynak: Javaid vd. (2023).

Günümüzde büyük miktardaki veri, makine öğrenimi ve derin öğrenmedeki önemli ilerlemeler sayesinde karar alma süreçlerini iyileştirebilir, veriler üzerinde derinlemesine çalışılabilir, işleri otomatikleştirebilir ve verimliliği artırabilmesinin yanı sıra tarımda üretimi ve sürdürülebilirliği artırmak için kullanılabilir. Yapay zekâ, büyük miktarda veriyi hızlı bir şekilde analiz etme yeteneği sayesinde, tarımda hava durumu, toprak nemi, sıcaklık gibi faktörlere dayalı tahminler yapabilmesi sayesinde iklim değişikliği ve hava koşulları göz önünde bulundurularak mahsul ekim zamanları optimize edilebilir.

Çeşitli veri kaynaklarının entegrasyonunda sensörler, dronlar ve uydu görüntüleri gibi araçlar hassas tarımda yapay zekânın etkinliği için vazgeçilmezdir. Toprak sensörleri, sıcaklık, nem içeriği ve besin seviyeleri hakkında gerçek zamanlı veriler sağlayarak hassas sulama ve gübreleme kararlarına olanak tanımaktadır (Sishodia vd., 2020). Kameralar ve çoklu spektral sensörlerle donatılmış dronlar, tarlaların yüksek çözünürlüklü fotoğraflarını çekebilir ve zararlı istilalarını, gübre eksikliklerini ve mahsul sağlık sorunlarını tespit edebilir (Chiranjeeb vd., 2022).

Uydu fotoğrafçılığı, geniş tarım alanlarının izlenmesi ve mahsul sağlığı, su stresi etkileri ve zamanla değişen bitki örtüsü dinamiklerinin değerlendirilmesi için geniş bir perspektif sunar (Barbedo, 2019). Çiftçiler, yapay zekâyı kullanarak çeşitli kaynaklardan gelen verileri analiz edip, yorumlayarak tarlalarının durumu hakkında önemli içgörüler elde edebilir ve üretkenliği maksimize etmek, girdi maliyetlerini düşürmek ve çevresel sonuçları sınırlamak için bilinçli kararlar alabilir (Vardhan vd., 2025).

Bununla birlikte, yapay zekâ ile entegre tarıma giden yol sorunsuz değildir. Verinin doğruluğu ve kalitesi, veriye erişim, veri güvenliği ve gizliliği, insan kaynağı ve eğitim, kaynak tahsisi ve maliyet, yapay zekâ teknolojisinin değişen doğası ile ilgili sorunlardan bazılarıdır (Shafik vd., 2025).

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE TARIMSAL ÜRETİMİN YAPAY ZEKÂ VE DİJİTAL TEKNOLOJİLERLE GELİŞTİRİLMESİ UYGULAMALARI

3.1. Tarımsal Kapasitenin Güçlendirilmesinde Yapay Zekâ ve Dijital Teknoloji Kullanımı: Gelişmiş Ülke Örnekleri

ABD Climate FieldView, tarlalarını daha iyi anlamak, verimliliği artırmak ve riskleri azaltmak için çiftçilere tarla verilerini toplama, analiz etme ve yönetim amacıyla kapsamlı dijital araçlar sunan Bayer'in dijital tarım platformudur. Bu platform, uydu görüntüleri, sensörler ve çiftlik makinelerinden gelen verileri kullanarak tarla performansı hakkında içgörüler sağlar. Ekimden hasada kadar sezon boyunca operasyonları daha verimli yönetmeye yardımcı olur (FieldView, 2025).

Avustralya The Yield Technology Solutions, 2014 yılında Avustralya'da kurulan, veri toplama ve yönetim konusunda uzmanlaşmış yapay zekâ ve IoT kullanan bir tarım teknoloji şirketidir. Sensing+ adlı mikroiklim çözümü, hava durumu, toprak koşulları, su seviyesi gibi verileri gerçek zamanlı olarak toplamak için IoT sensörleri kullanarak çiftçilere, sulama, gübreleme, ekim, koruma ve hasat zamanlaması gibi kararları destekleyecek analizler sunmaktadır (The Yield Technology Solutions, 2023).

Hollanda'da bulunan Wageningen Üniversitesi'nin SMART Farming programı, çiftliklerdeki verilerin toplanmasını ve yapay zekâ ile analiz edilmesini amaçlar. Çiftlik makineleri, sensörler ve diğer dijital araçlar kullanılarak veri toplamaktadır (Cammarano vd., 2023).

Brezilya'da AgroData, Brezilya pazarında büyük ve küçük ölçekli müşterilere hizmet veren lider bir coğrafi teknoloji ve jeomühendislik hizmetleri sağlayıcısı olup, tarımda büyük veri yönetimi konusunda hizmet veren bir platformdur. Çiftliklerde kullanılan makinelerden, hava durumu sensörlerinden ve dronlardan veri toplayarak büyük veri analitiği ile bu verileri analiz etmektedir. Bu platform, popüler iş zekâsı araçlarıyla entegrasyon sağlayarak tarım verilerinin analizini kolaylaştırmakta ve karar destek sistemleri de sunmaktadır. Agrodata ayrıca coğrafi verilerin toplanması, analizi ve görselleştirilmesi konularında çeşitli hizmetler sağlamaktadır (AgroData, 2025).

OpenAgri Programı Avrupa Birliği'nin Horizon 2020 programı kapsamında desteklenen ve 2024 Ocak ile 2026 Aralık arasında gerçekleştirilen bir projedir. Projenin amacı, tarımda yenilik üreten yeni girişimler ile tarım işletmelerinin birlikte projeler üretmesini sağlamak, çiftçilere ücretsiz ve açık kaynaklı

araçlar sunarak dijital tarım çözümlerinin benimsenmesini artırmak ve tarımda sürdürülebilirliği teşvik etmektir. Programın açık veri politikası, Avrupa'nın tarımda dijitalizasyon için geliştirdiği teknolojilerle entegre olmasını sağlar (Avrupa Birliği, 2025).

3.2. Uluslararası Kuruluşların Stratejilerinde Tarımda Dijital Dönüşüme Bakış

ABD Tarım Bakanlığı (USDA), yapay zekânın tarımda kullanılmasına yönelik çeşitli projeler yürütmenin yanı sıra, Bakanlığın çalışmalarına yol gösterecek bir strateji belgesi ve uygulama envanteri bulunmaktadır (USDA, 2025). USDA, 2020 yılında² yayımladığı envanterle, tarımda yapay zekânın veri analizi, karar destek sistemleri ve otonom sistemler gibi alanlardaki uygulamalarını öne çıkararak bu alanda yapay zekânın ne şekilde kullanılabileceğine işaret etmektedir. Toprak nemi tahmini ve ürün sınıflandırması gibi uygulamalar, söz konusu envanterde tarımda verimliliği artırabilecek örnekler arasında gösterilmektedir. USDA, küçük ve orta ölçekli çiftçiler için sesli komutlarla veri toplama ve veri analizi yapabilen yapay zekâ destekli veri toplama aracı geliştirmiştir. Bu sistem aracılığıyla, çiftçilerin üretim süreçlerini izleme ve iyileştirmelerine yardımcı olacak öneriler sunulmaktadır. Örneğin, toprak özellikleri ve sulama suyu kalitesi ve sulama geçmişi gibi verileri analiz ederek, verimliliği artırmaya yönelik stratejiler önerebilir (USDA, 2024).

USDA sürdürülebilir tarım uygulamaları için yapay zekâ destekli projeleri de desteklemektedir. Kaliforniya Üniversitesi Riverside kampüsünde yürütülen bir projede, sulama, gübre yönetimi ile pestisit kullanımı ve kontrolü gibi alanlarda yapay zekâ tabanlı çözümler geliştirilmiştir. Bu projede, uzaktan algılama ve derin öğrenme teknikleri kullanılarak tarımsal süreçlerin optimize edilmesi hedeflenmiştir (USDA, 2020). Bunun yanı sıra, tarım araştırmalarında yapay zekâ ve ML kullanımını teşvik etmek amacıyla USDA bir yenilik fonu sunmaktadır. Bu fon, araştırmacıların yapay zekâ tabanlı proje geliştirmelerini desteklemektedir. Ayrıca, USDA yapay zekâ araştırmalarını desteklemek amacıyla da çeşitli enstitülere yatırım yapmaktadır. Örneğin, USDA tarafından desteklenen ve Iowa Eyalet Üniversitesi tarafından yönetilen Ulusal Gıda ve Tarım Enstitüsü, bitki modelleme ve dijital ikizler kullanarak tarımda dirençliliği artırmayı hedeflemektedir³. Bu enstitü, tarımda yapay zekâyı kullanarak sürdürülebilir tarım uygulamaları geliştirmektedir.

2- İlk kez 2020 yılında yayınlanan envanter en son 2024 yılında güncellenmiştir.

3- <https://iiai.uiowa.edu/about-us>.

Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), 2016 yılında ülkelere e-tarım stratejilerini geliştirmeleri için bir çerçeve sunmaya yönelik E-tarım Strateji Kılavuzunu hazırlamıştır (FAO, 2017). Kılavuz kapsamında oluşturulan e-tarım stratejileri, kaynakları etkinleştirmeyi ve tarımda bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı açısından fırsatları daha bütünsel ve verimli bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, tarımda dijital dönüşüm ve yapay zekâ kullanımı için politika geliştirilmesine yönelik Uygulamada Dijital Tarım: Tarım için Yapay Zekâ Raporu 2021 yılında hazırlanmıştır. Raporda tarımdaki mevcut uygulamalar hakkında farkındalık yaratmanın yanı sıra paydaşları yeni çözümler geliştirmeye teşvik edecek öneriler sunulmaktadır. Makine öğrenimi ve veri işleme araçlarındaki gelişmeler, karar destek sistemleri, denetim süreçleri ve otomasyonu dönüştürme potansiyeli açısından ele alınmaktadır (Elbehri, A. Chestnov, 2021). Yapay zekanın tarım alanındaki uygulamaları şu başlıklar altında toplanmaktadır:

- Veri Toplama ve İşleme: Tarım verilerinin toplanması ve işlenmesi için geliştirilen araçlar, daha doğru ve hızlı analizler yapılmasını sağlamaktadır.
- Karar Destek Sistemleri: Yapay zekâ tabanlı sistemler, çiftçilere sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi konularda öneriler sunarak verimliliği artırmaktadır.
- Zararlı ve Hastalık Tespiti: Görüntü işleme teknikleri kullanılarak, bitki hastalıkları ve zararlılar erken aşamalarda tespit edilebilmektedir.
- Otomasyon: Yapay zekâ destekli robot ve dronlar, tarımsal işlemleri otomatikleştirerek iş gücü maliyetlerini azaltmaktadır.

Dijital Otomasyon ile Tarımın Dönüştürülmesi Raporunda (2022) FAO, dijital otomasyon teknolojilerinin tarımsal sistemlerde dönüşüm potansiyelini değerlendirmekte olup, üretkenlik, verimlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılığın artırılmasında dijital teknolojilerin rolünü analiz etmektedir. FAO, bu teknolojilerin küçük ölçekli üreticiler de dahil olmak üzere tüm paydaşlar için erişilebilir, adil ve sürdürülebilir bir biçimde benimsenmesini amaçlamaktadır.

Avrupa Parlamentosu'nun tarım ve gıda sektöründe yapay zekâ kullanımının potansiyelini, bu alanda karşılaşılan zorlukları ve bunların toplumsal etkilerini kapsamlı bir şekilde ele aldığı Tarım-Gıda Sektöründe Yapay Zekâ: Uygulamalar, Riskler ve Etkileri raporu 2023 yılında yayımlanmıştır. Raporda

tarım sektöründe dijital dönüşüm ve yapay zekanın gelişimine yönelik değerlendirmelerin yanı sıra uygulama örnekleri ve politika önerilerine de yer verilmektedir (European Parliament, 2023). Benzer şekilde, Avrupa Komisyonu tarımda yapay zekâ kullanımının sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla 2025 yılında Sürdürülebilir Tarımı Teşvik Etmek için Yapay Zekâ raporunu hazırlamıştır. Raporda, yapay zekânın tarımda kaynak kullanımını optimize etme, çevresel etkileri azaltma ve gıda üretimini artırma potansiyeli vurgulanmaktadır (Rauch vd., 2025). Tarımın yoğunlaşması, kısa vadede gıda üretimini artırır da uzun vadede kaynak tükenmesi, toprak sağlığı (fizik ve kimya) bozulumu ve su kısıtı gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ tabanlı çözümler, tarımsal girdilerin yerinde ve doğru kullanımını sağlayarak söz konusu sorunların önüne geçebilir. Özelleştirilmiş çözümlerle kaynak kullanımı optimize edilirken çevresel etkiler en aza indirilebilir. Yapay zekâ, sensörler, dronlar ve robotlar gibi otomasyon araçlarıyla entegre edilerek, tarımsal üretimi dönüştürmektedir. Bu teknolojiler, işgücü kullanımını azaltarak verimlilik artışı sağlamakta, aynı zamanda sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Gerçek zamanlı verilerle toprak sağlığı, su durumu ve besin maddeleri gibi faktörler izlenerek, sürdürülebilir tarım uygulamaları teşvik edilmektedir.

Çin Tarım ve Kırsal İşler Bakanlığı (MARA), 2024–2028 dönemini kapsayan Ulusal Akıllı Tarım Eylem Planını 23 Ekim 2024 tarihinde açıklamıştır. Bu plan, Çin'in tarım sektöründe dijitalleşmeyi hızlandırmayı ve yapay zekâ, büyük veri ve GPS gibi teknolojileri sektöre entegre etmeyi amaçlamaktadır. Kamu hizmet kapasitesinin artırılması, akıllı tarım uygulamaları ile en iyi uygulamaların yaygınlaştırılması olmak üzere üç ana eksenle gelişen bu Planın ana hedefi, 2028 yılına kadar tarımsal üretimde dijital entegrasyon oranını %32'nin üzerine çıkarmaktır (MARA, 2024). Bu doğrultuda ülke, uluslararası iş birliğini teşvik etmeyi amaçlarken, yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesini desteklemektedir. Ayrıca, yapay zekânın tarımda uygulanabilirliğini artırmak için araştırma kurumları ve teknoloji şirketleriyle iş birliği yapılması da bu alandaki öncelikler arasında sıralanmıştır.

3.3. Türkiye’de Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ Stratejileri ve Tarım Sektörüne Yansımaları

3.3.1. Ulusal ve Sektörel Strateji Dokümanlarında Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ ve Tarım Sektörü

Türkiye’nin orta ve uzun vadedeki hedeflerini ortaya koyan beş yıllık Kalkınma Planları, dijital dönüşüm sürecinde kamunun geleceğe dönük politikalarının da temelini oluşturmaktadır. 2024-2028 yıllarını kapsayan 12. Kalkınma Planı biri Yeşil ve Dijital Dönüşümle Rekabetçi Üretim olmak üzere beş ana eksen oluşturmaktadır. Bu ana eksen altında, başta öncelikli sektörler ve gelişme alanları olmak üzere üretimde yeşil ve dijital dönüşümün sağlanmasıyla ekonomide rekabetçilik ve verimlilik artışı tesis edilerek refah artışına katkı sağlayacak politikalar yer almaktadır. Yeşil ve dijital dönüşüm ana ekseninde “tarım ve gıda” öncelikli gelişme alanları arasındadır. Buna göre, üretimin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütüncül olarak ele alan, teknoloji kullanım düzeyi ve verimliliği yüksek, örgütlü, rekabetçi, arz-talep dengesi çerçevesinde planlı üretim yapılan, doğal kaynakları etkin ve sürdürülebilir kullanan, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayan bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaçtır. Bu amaca ulaşmak için öngörülen politika başlıkları aşağıda yer almaktadır (SBB, 2023):

- Dijitalleşme, yapay zekâ ve veriye dayalı iş modelleriyle akıllı tarım uygulamaları yaygınlaştırılacaktır.
- Tarım işletmeleri ve üretici örgütlerinin akıllı tarım uygulamaları konusundaki beşeri ve teknik altyapılarının geliştirilmesi desteklenecektir.
- Akıllı tarım uygulamalarına yönelik yazılım ve ekipmanın yerli üretimi desteklenecektir.
- Çiftçilerin risklerden korunması ve gelirlerinin garanti altına alınmasına yönelik uygulamaların kapsamı genişletilerek etkinleştirilecektir.

12. Kalkınma Planında yeşil ve dijital dönüşümü destekleyen teknolojiler arasında yapay zekâ, nesnelerin interneti, büyük veri, blok zincir, 5G ve 6G, üç boyutlu baskı, robotik, insansız hava aracı ve elektrikli araçlar, hidrojen ve yenilenebilir enerji teknolojileri, genom düzenleme, biyoteknoloji, nano teknoloji, artırılmış ve sanal gerçeklik, siber güvenlik, ileri malzeme, yarı iletkenler, yeni nesil nükleer reaktörler, enerji depolama, yeni nesil ray ötesi sistemlere yönelik

teknolojiler ile karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojileri öne çıkmaktadır.

Kalkınma Planının 2024-2053 dönemi uzun vadeli stratejileri arasında, gıdaya erişim kısıntısının giderilmesinde teknoloji ve yapay zekâ kullanımının önemine vurgu yapılmaktadır. Bununla birlikte, yapay zekâ gibi teknolojilerin katkısıyla afet ve salgın hastalıklarla daha etkin şekilde mücadele edilebileceği ifade edilmektedir.

Plan kapsamında 2025-2027 dönemi için hazırlanan Orta Vadeli Programda (OVP), dijital dönüşüm sürecine yönelik belirlenen temel öncelikler aşağıdadır (SBB, 2024):

- Aşı, ilaç, tıbbi cihaz, tanı kitleri ve yapay zekâ uygulamaları başta olmak üzere sağlık bilim ve teknolojileri ile savunma sanayii alanında Ar-Ge çalışmaları yürütülerek yüksek katma değer ürünlerin yerli üretimi sağlanacaktır.
- Yapay zekâ alanına özgü tematik kümelenmeler ve araştırma merkezlerinin sayısı artırılacak, hesaplama altyapılarının yapay zekâ araştırmacılarına erişimi kolaylaştırılacak ve uluslararası iş birlikleri geliştirilmeye devam edilecektir.
- Yapay zekâ ekosistem çağrıları ile ülkemizin yapay zekâ ekosistemi harekete geçirilecek, çağrı kapsamında desteklenen projeler ile geliştirilen çözümlerin ve bilgi birikiminin ekosisteme aktarımı sağlanacaktır.
- Mevzuatın Avrupa Birliği Yapay Zekâ Tüzüğü ile uyumlaştırılması kapsamında gerekli hukuki düzenleme çalışmaları yürütülecektir.

Bu öncelikler tarımı da içermekle birlikte, doğrudan tarım sektörüne yönelik dijital dönüşümün tesisi için OVP’de “tarımsal faaliyetlerde dijital uygulamalarla ürün doğrulama, rekolte tahmini, yapay zekâ, coğrafi bilgi sistemleri oluşturulacaktır” önceliği bulunmaktadır.

Temel politika dokümanlarına ek olarak Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi Başkanlığı ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı iş birliğinde, ilgili tüm paydaşların katılımıyla hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025’e ilişkin 2021/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 20/08/2021 tarihli ve 31574 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Strateji aşağıda yer alan altı ana öncelikten oluşmaktadır (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).

- Yapay zekâ uzmanlarını yetiştirmek ve alanda istihdamı artırmak,
- Araştırma, girişimcilik ve yenilikçiliği desteklemek
- Kaliteli veriye ve teknik altyapıya erişim imkânlarını genişletmek
- Sosyoekonomik uyumu hızlandıracak düzenlemeleri yapmak
- Uluslararası iş birliklerini güçlendirmek
- Yapısal ve işgücü dönüşümünü hızlandırmak

Bu öncelikler doğrultusunda, kamuda yapay zekâ uygulamalarında kaliteli veriye erişim, alanda uzman insan kaynağının yetiştirilmesi ve araştırma faaliyetlerinin önemi ön plana çıkmaktadır.

Ayrıca, Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından yapay zekâ alanında kazanımlar ve risklerini yönetmek adına 2024 yılında Araştırma Komisyonu kurulması kararı alınmıştır. Komisyonun amacı:

- Yapay zekânın sunduğu fırsatları daha etkin değerlendirmek
- Hukuki altyapıyı oluşturmak
- Riskleri önlemek için gerekli tedbirleri almaktır.

Yapay Zekâ Meclis Araştırma Komisyonu, yapay zekânın doğru şekilde uygulanması için konu uzmanları ve STK'lardan alınacak görüşlerle bu alanda geleceğe yönelik adımların belirlemeyi hedeflemektedir.

28-30 Nisan 2025 tarihlerinde sivil toplum kuruluşları, üniversiteler, özel sektör ve ilgili kamu kurumlarıyla iş birliği içerisinde gerçekleştirilen IV. Tarım Şurası'nın 16 çalışma grubundan bir tanesi de "tarımda dijitalleşme, veri tabanlı tarım ve teknolojik gelişimdir". Çalışma grubunun uzun süreli değerlendirmeleri sonucunda bu alanda alınan kararlar şu şekildedir:

- Sürdürülebilir orman yönetimi için yapay zekâ destekli izleme ve değerlendirme sistemi kurulması, uydu verileri ve yapay zekâ destekli ekosistem izleme ağları genişletilmesi,
- Dijital borsa ve blok zincir tabanlı üretici-tüketici doğrudan satış sistemlerinin hayvansal ürün piyasalarında aktif hale getirilmesi,
- Kablosuz ağ teknolojileri, geniş bant ve mobil ağ teknolojilerinin kırsal alanlarda yayılımının artırılması, kırsal alanlarda telekomünikasyon altyapısının güçlendirilmesi,

- Tarımsal Gözlem Uydu Ağı'nın oluşturulması, tarımsal üretime yönelik yapay zekâ destekli tahmin ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi,
- Dijital tarım, yapay zekâ ve ileri tarım teknolojileri ile ilgili araştırmaların yürütüleceği ve koordine edileceği bir araştırma enstitüsünün görevlendirilmesi,
- Ulusal Dijital Tarım Veri Bankasının kurulması ve güçlendirilmesi, tarımsal uzaktan algılama ve görüntüleme teknolojileri için ulusal strateji belgesinin hazırlanması, Tarımsal Blokzincir Altyapısının başlatılması
- Tarımsal işletmelerde dijital tarıma yönelik eğitim altyapısının iyileştirilmesi, çiftçilere ve tarım sektöründeki diğer paydaşlara yönelik dijital tarım okur-yazarlığı eğitim programlarının düzenlenmesi ve
- Dijital tarımın yaygınlaştırılması kapsamında ulusal ve uluslararası alternatif finansman teşvik, hibe ve altyapılarının güçlendirilmesi ve etkin kullanımı sağlanmasıdır.

3.3.2. Tarım ve Orman Bakanlığının Uygulamaları

Tarım 5.0 hedefi doğrultusunda, Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) tarımsal ürünlerin verimi ve kalitesini artırmak için modern teknolojiyi kullanan bir yöntem olan akıllı tarım sistemlerini geliştirmekte, dijital dönüşümü ve bu alandaki çalışmaları da desteklemektedir. Bu çalışmaların temelinde tarımda verimliliği artırmak, maliyetleri azaltmak ve sürdürülebilirliği sağlamak yer almaktadır. Akıllı tarım uygulamaları ile dijital dönüşüm çalışmaları, Bakanlığın 2024-2028 Stratejik Planında yer alan vizyonu ile uyumludur. Bakanlık "yeni normal" olarak adlandırdığı dönemde vizyonunu verimlilik, kalite, kayıtlılık ve yatırımların artırılması üzerine oluşturmuş ve buna katkı sağlayacak uygulama ve yeniliklere destek sağlayacak şekilde hedeflerini ortaya koymuştur. Bununla doğrultuda Bakanlık, bitki ve hayvan sağlığını izleyerek hastalık ve zararlılara karşı daha hızlı ve etkin müdahalede bulunmayı, işgücünden tasarruf etmeyi, veriye dayalı karar verme mekanizmaları geliştirmeyi, ürün kalitesi ve gıda güvenliğini artırmayı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeyi hedeflemektedir.

TOB'nin dijital dönüşüm ve yapay zekâ alanındaki uygulamaları üç başlık altında toplanabilir: veri toplama ve analiz, karar destek sistemleri ve otomasyon. Veri toplama ve analiz, sensörler, dronlar ve diğer teknolojilerle elde edilen büyük veri setleriyle, mahsul sağlığı, toprak nemi ve hava koşulları gibi faktörlerin izlenmesini sağlamaktadır. Karar destek sistemleri, yapay zekâ algoritmaları gibi teknolojilerle sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi uygulamalarda çiftçilere en uygun zamanı ve miktarı belirlemede yardımcı olmaktadır. Otomasyon ve robotikle, tarım makineleri ve robotlar, yapay zekâ destekli sistemlerle entegre edilerek, iş gücü ihtiyacını azaltmakta ve üretim süreçlerini hızlandırmaktadır.

Bu kapsamda TOB, veri setlerinin sağlıklı bir şekilde oluşturulmasına yönelik çalışmalarını önceliklendirmektedir. Planlı üretim çalışmaları, rutin faaliyetler, denetim ve destek ödeme süreçlerinde, yapay zekanın temel bir araç haline gelmesi kurgulanmıştır. Bakanlık, yapay zekâ temelli çalışmalar, makine öğrenmesi, bilgisayarlı görü ve derin öğrenme gibi görev alanındaki faaliyetlere doğrudan katkı sağlayacak konulara yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, arazi temelli işlemler (şehirler ve yapay yapılar hariç ülkenin tüm arazi örtüsü yönetimi-tarım-orman-mera-sular) gerçekleştiren Bakanlık, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılama sistemlerini öncelikli olarak değerlendirilmektedir.

Bakanlık bünyesinde veri odaklı yaklaşımın benimsenmesiyle; mevcut verilerin analiz edilerek mükerrerliklerin giderilmesi, veri akışının sürekli ve mümkün olduğunca otomatik hale getirilmesi, veri kalitesinin artırılması ve ihtiyaç olan yerlerde verilere ilişkin sorumluluk dağılımında güncellemeler yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda atılması gereken ilk adım olan mevcut durum analizi, TOB tarafından "Tarım Bilgi Sistemi Uygulamaları Ülke Modeli Fizibilite Çalışması Projesi" ile gerçekleştirilmiş olup projede tarımsal faaliyetlerin yönetimi için kritik öneme sahip 15 veri seti başlığı⁴ belirlenmiştir. Ayrıca projede, veri ihtiyaçlarından yola çıkılarak teknik gereksinimler, veri yönetimi ve organizasyon konusunda çalışmalar da yapılmıştır. Veri yönetimine ilişkin çalışmalara ilave olarak, Bakanlık hem yapay zekâ alanında politika ve strateji geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütmekte hem de mevcut veri setlerini kullanarak yapay zekâ destekli çalışmalarla teknik konulardaki yenilikleri takip etmektedir. Ayrıca, Dünya Bankası finansmanı ile yürütülmekte olan "Türkiye

4- Toprak verisi, Yeryüzü gözlem verisi, Tarımsal piyasalara yönelik gerçek zamanlı veriler, Rekolte verisi, Üretim ve Tüketim verileri, Hava Durumu verileri, Su Kaynaklarına yönelik veriler, Stok verisi, Depolama kapasitesine yönelik veriler, Ürün profili verisi, Temel Kayıtlılık verileri, Hastalık ve Zararlılara yönelik veriler, Tarımsal Piyasa Ağı verileri, İthalat ve İhracat verileri, Tohum, fide, gübre gibi girdilere yönelik veriler.

İklim Akıllı ve Rekabetçi Tarımsal Büyüme Projesi (TUCSAP)” kapsamında tarımsal faaliyetlere ilişkin dijital veri temini ve veri otomasyonu adına yapay zekâ destekli uydu, dron, mobil uygulama vb. üzerinden gelecek görüntüler için yapay zekâ destekli bir görüntü işleme sistemi kurulmaktadır. Bu sistem, ABD Climate FieldView’in sunduğu dijital araçlara benzer şekilde, veri toplama, analiz etme ve yönetme açısından üreticilere fayda sağlayacaktır.

İşlenmeyen tarım arazilerinin tespiti çalışmaları kapsamında, uydu görüntüleri kullanılarak istatistiki yöntemler ve makine öğrenmesi algoritmalarıyla ÇKS verileri temizlenmektedir. Üst üste iki yıl işlenmeyen tarım arazilerinin tespiti için CBS temelli, uydu görüntüsü ve yapay zekâ destekli potansiyel işlenmeyen tarım arazilerinin listeleri hazırlanmaktadır. Bununla birlikte, Tarımsal Üretimin Planlanması mevzuatı uyarınca, %6 eğim altındaki arazilerde dikili tarım yapılmamasına ilişkin tespitleri yapmak üzere uzaktan algılama görüntülerinden yapay zekâ destekli dikili tarım alanlarının tespitine yönelik Bakanlık çalışmaları devam etmektedir.

“Stratejik Ürünlerde Ulusal Ölçekte Yapay Zekâ Destekli Uzaktan Algılama ve CBS Sistemleri Kullanımı ile Ürün Deseni Tespiti ve Rekolte Tahminlerinin Belirlenmesi Projesi” kapsamında, ürün deseni belirleme ve rekolte tahmini amacıyla yapay zekaya dayalı uydu görüntüsü sınıflandırılması, yıllık ekiliş haritalarının çıkarılmasına yönelik yazılım ve AR-GE platformunun oluşturulması amaçlanmaktadır. Her sezon belirli stratejik ürünler ile işlenmeyen arazi tespiti yapılarak planlı üretim ve politika belirlemeye yönelik teknolojik altyapının oluşturulması sağlanacaktır.

TOB sahada da akıllı teknoloji kullanımına yönelik çalışmalar yürütmektedir. Örneğin, süne mücadelesinin daha düşük maddi kaynak ve daha az sayıda teknik elemanla yürütülebilmesi amacıyla Süne Tahmin Uyarı Sistemi geliştirilmiştir. Sistem sayesinde süne salgınını ve salgının şiddetini, tahmini salgın alanlarını, kıymetlendirme ve tarım ilacı uygulama zamanını çok yüksek doğruluk oranları ile tahmin etmek mümkündür. Sistem sayesinde; salgın olup olmayacağı, salgının şiddeti, iniş alanları ve kimyasal mücadele zamanları belirlenerek, çiftçinin doğru zamanda ilaçlama yapması, böylelikle mahsulün miktarının ve kalitesinin daha yüksek olmasının yanı sıra mücadele maliyetinin de asgari düzeyde olması sağlanmaktadır.

Yangın Karar Destek Sistemi ise yangınların daha hızlı ve etkili bir şekilde kontrol altına alınmasını sağlamak amacıyla gerçek zamanlı veri analizleri ve ileri düzey modellemeler kullanmaktadır. Yapay zekâ destekli bu çözüm, yangınların yayılma hızını ve yönünü tahmin ederek, müdahale ekiplerine en etkili stratejileri sunmaktadır. Bu sayede, yangınlara daha hızlı müdahale edilerek, yangınların kontrol altına alınması ve zararlarının en aza indirilmesine katkı sağlamaktadır. Yapılan hesaplamalara göre yangın karar destek sistemi ve diğer önlemler ile birlikte 2024 yılında toplam yaklaşık 8.500 hektarlık alan zarar görmekten kurtarılmıştır. Kurtarılan alan için yaklaşık 2,5 milyar TL tasarruf sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, su kaynakları sistemlerinin planlanması ve işletilmesinde karar verme mekanizmalarının hızlandırılması ve daha doğru sonuca ulaşılması amacıyla Havza Planlama Sistemi oluşturulmuştur. Sistemde, tek ya da çok amaçlı bir baraj rezervuar ya da birden fazla rezervuardan oluşan sistem modellenerek, sisteme giren suyun çeşitli kullanımlar arasında optimum olarak paylaştırılması için çözüm önerileri sunulmaktadır.

Bakanlığın tarımda teknoloji kullanımının artırılması için önümüzdeki dönemde yapmayı planladığı çalışmaları da şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Yapay Zekâ ve Uzaktan Algılama Teknikleriyle Su Miktarının ve Kalitesinin Tespiti Projesi kapsamında, Türkiye genelinde seçilecek durgun sularda kalite ve miktarın değişiminin takip edilmesi amacıyla analiz, takip ve raporlama süreçlerini içeren bir yazılım yapılacaktır. Uydu görüntüleri ile yapay zekâ kullanılarak su kalite parametreleri ve miktarının değişiminin izlenmesini amaçlanmaktadır.
- İklim Akıllı Tarım Teknolojilerinin/Uygulamalarının Benimsenmesini Teşvik Etmek Projesi kapsamında, küçük ve orta ölçekli işletmelere yeni teknolojileri kullanmalarını yaygınlaştırmak amacıyla hibe desteği verilecektir. Aynı zamanda yeni teknolojiler konusunda farkındalıklarını arttırmak amacıyla eğitim, demonstrasyon, tarla günleri teknik destek gibi çalışmalar yapılacaktır.
- Makineleşmeye Erişimin Geliştirilmesi ve Ortak Tarım Makine Parkı ve Kullanım Modellerinin Teşviki Projesi ile depremde etkilenen illerde tarım makinelerinin ortak kullanımının benimsenmesini teşvik ederek tarımsal üretimin iyileştirilmesini desteklenecektir. Proje kapsamında tarımsal örgütlerde ortak makine kullanıma uygun, tarımsal üretimde kullanılan girdileri azaltacak ve birim alandan elde edilecek üretim

miktarını artıracak olan akıllı tarım teknolojileri ve karar destek sistemleri desteklenecektir. "Ortak Makine Parkı ve Kullanımı" (AGRIFOOD) kapsamında AGRIUBER tarzında yazılım yapılması planlanmaktadır.

- Türkiye Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Projesi, farklı illerde taşkın kontrol tesislerinin yapımını, taşkın kontrol tesisleri yapımında tabiat temelli çözümlerin uygulanmasını, taşkın erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini ve akım gözlem istasyonlarının modernizasyonunu içermektedir.

4. TARIMDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ UYGULAMALARA İLİŞKİN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Dijital dönüşümün tarımda benimsenmesini etkileyen zorlukları dört başlık altında toplamak mümkündür. Bunlardan ilki ve belki en önemlisi veri erişimi ve altyapısının tesis edilmesidir. Tarım sektöründe kullanılan verilerinin eksik veya düşük kaliteli olması, özellikle yapay zekâ gibi uygulamaların etkinliğini sınırlamaktadır. Ayrıca, tahrif edilmiş veriler ve uygun olmayan şekilde modellenmiş algoritmalar, tarımsal üretime zarar vermek gibi istenmeyen sonuçlara da neden olabilir. Bu amaçla, alandaki tüm verilerin güvenli bir şekilde izlenebildiği bir veri merkezi kurulması önemlidir. Tarımda kullanılan ham verilerin, TOB'nin kontrolünde merkezi bir platformunda toplanması karar destek sistemlerinin daha verimli çalıştırılmasını mümkün hale getirecektir. Bu yaklaşım yine veri tabanlı tarım politikalarının oluşturulması, iklim akıllı uygulamaların yaygınlaştırılması ve verimliliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Tarımsal verilerin güvenliği ve gizliliğinin sağlanması da bir başka zorluk olarak değerlendirilebilir. Nitekim toplanan verilerin güvenliği ve çiftçilerin gizliliği üreticiler için endişe verici bir husus olup, bu verilerin güvenli tutulması oldukça önemlidir. Veri hırsızlığı, gizli ve özel bilgilerin izinsiz yayınlanması ve satışı gibi tehditler her alanda olduğu gibi tarımda da mevcuttur. Bu doğrultuda, Bakanlık bünyesinde kurulacak bir veri merkezinin bu amaca da hizmet edecek şekilde tasarlanması gerekir. Bu alanda mevzuatın AB Yapay Zekâ Tüzüğü ile uyumlaştırılması çalışmalarının tamamlanması verilerin güvenli aktarılması ve ortak kullanımı açısından önemli bir çerçeve sunacaktır.⁵ Ayrıca, tarımsal üretimin çoğunlukla yaşlı nüfus tarafından yapıldığı düşünüldüğünde, bilgi eksikliği üreticilerin dijital teknoloji kullanımındaki bir başka zorluk olarak

5- Yapay Zekâ Tüzüğü'nün Avrupa dijital ve veri düzenlemeleri içindeki yeri için bkz. Turan Başara (2024).

karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, çiftçilerin dijital teknolojiler ve yapay zekâ kullanımını artırabilmek için eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları önemlidir. Son olarak, adalet ve erişilebilirlik tarımda dijital teknolojilerin kullanımı açısından değerlendirilebilecek bir başka zorluktur. Dijital teknolojilerin tarımsal üretim, işleme, lojistik, perakende ve ticaretle geniş kapsamlı dönüşümlere yol açacağına şüphe olmasa da asıl soru bu teknolojilerin ne kadar hızlı gelişeceği, en zorlayıcı kullanım örneklerinin neler olacağı ve kimlerin faydalanacağıdır. Dijital teknolojiye erişim, daha iyi karar alma ve risk yönetimi, girdilerin daha düşük ve daha verimli kullanımı ve bilgiye, pazarlara ve destek hizmetlerine daha iyi erişim yoluyla daha verimli ve sürdürülebilir bir tarımsal sisteme katkıda bulunmaktadır. Öte yandan, veriye dayalı piyasa gücünün yoğunlaşması piyasada dengesizliklere yol açmakta, üreticiler arasında dijital teknoloji kullanımındaki farklılıklar da sistem içinde çeşitli risklere neden olmaktadır. Bu durum, teknolojiye erişimde özellikle büyük ölçekli üreticilerin avantaj sağlamasına yol açabilir.

Bunlara ek olarak, dijital dönüşümün sağlanması ve yapay zekâ kullanımının tarım sektöründe teşvik edilmesi amacıyla bazı uygulamalar aşağıda yer almaktadır:

- Tarımda dijitalleşme ve yapay zekâ alanında, veriye dayalı tarım çözümleri geliştiren firmalara yatırım, pilot uygulama ve ticarileştirme hibe desteklerinin verilmesi, tarımda dijital çözümlerin sunulmasında firmaların daha etkin bir rol almasına katkı sağlayabilir.
- Tarımda dijital teknoloji kullanımı ve yapay zekâ uygulamaları için arazi deneme alanlarının oluşturulması, bölgelere özgü "Akıllı Tarım Gösterim Tarlaları" kurulması ve geliştirilen dijital çözümlerin bu sahalarda gerçek koşullarda denenip, tanıtılması, dijital teknolojilerin kullanımında sorunların önceden tespit edilerek kaynakların etkin kullanılmasında etkili olabilir.
- İzmir Tarım Teknoloji Merkezi gibi kamu-özel sektör pilot ortaklıklarının ile başlatılması bu alanda altyapının geliştirilmesine katkı verebilir.
- Kırsalda veriye erişim ve altyapı yatırımlarının yapılması, GSM, LoRa ve 5G gibi teknolojilerle tarla bazlı dijital sistemler için bağlantı altyapısının kurulması, veriye erişim açısından önemlidir.
- Çiftçinin dijital teknoloji kullanımını yaygınlaştırmak adına mobil uygulamalar ve videolu eğitim içeriklerinin oluşturulması, yapay

zekâ tabanlı sesli asistanlar ve chatbot'lar ile çiftçinin bilgiye erişimini kolaylaştırması, üreticiler arasında teknoloji kullanımını yaygınlaştıracaktır.

- Yerli teknoloji sertifikasyonu ve dağıtım ağının oluşturulması, "Onaylı Dijital Tarım Çözümü" etiketiyle sertifika alan ürünlerin kullanımının teşvik edilmesi tarımda dijital uygulamalara olan talebi artıracaktır.
- Kullanılan dijital tarım çözümlerinin sahadaki etkisinin ölçülmesi ve verim, tasarruf, ürün kalitesi gibi göstergelere göre başarı düzeyinin belgelendirilmesi, sürdürülebilirlik açısından önemlidir.
- Tarım teknolojileri alanında mükerrer çözümlerin farklı firmalar tarafından geliştirilmesini önlemek amacıyla, ulusal tarım teknolojileri envanterinin kurulması, kaynakların daha etkin kullanılmasında önemli bir rol oynayacaktır.
- İş birliği tabanlı proje kuluçkalarının oluşturulması, aynı alanda çalışan firmalar arasında ortaklıkların teşvik edilmesi de dijital çözümlerin üretilmesinde verimliliği artırabilir.
- Veriye dayalı karar destek sistemleri için teknik rehber yayınlanması ve teknolojik adaptasyonu sağlamak için çiftçiye eğitimler verilmesi önemlidir.
- TOB koordinasyonunda ilgili diğer kamu kurumları ve sektör katılımcılarının da katkılarıyla dijital dönüşüm ve yapay zekâ alanında sektörün yol haritasını belirleyecek bir Strateji Belgesinin hazırlanması, Bakanlık çalışmalarının yanı sıra firmalara da bu alanda ışık tutacaktır.

SONUÇ

Dijital teknolojiler ve yapay zekanın hızlı ilerlemesi, tarım ve gıda sistemleri dahil olmak üzere tüm sektörleri dönüştürmektedir. Son yıllarda, tarımsal üretim alanında sensörler, IoT, yapay zekâ, büyük veri analitiği, insansız hava araçları, uydu görüntüleri ve mobil uygulamalar gibi dijital araçlar oldukça yaygınlaşmıştır. Bu teknolojiler, depolama, lojistik, işleme ve pazarlama dahil olmak üzere değer zincirinin tüm aşamalarında etkilidir. Çalışma, tarım sektöründe dijital teknolojiler ve yapay zekâ uygulamalarının etkileri ile mevcut durumunu, potansiyelini ve karşılaşılan zorlukları ele alarak tarımda dijital dönüşümü değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Dijital dönüşüm, üretim süreçlerinin otomasyon ve yapay zekâ ile desteklenen veri odaklı bir yapıya doğru evrimleşmesi olarak tanımlanabilir. Daha fazla ve çeşitli verilerin temini, büyük veri analitiğindeki gelişmelerle birleştiğinde, yapay zekâ ve makine öğreniminin çeşitli tarımsal uygulamalara entegre edilmesine olanak sağlamıştır. Dijitalleşme, özellikle üretim verimliliğini artırmak, kaynakların optimum kullanımı, erken hastalık tespiti ve iklim dayanıklı üretim modellerinin geliştirilmesi gibi alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır. Yapay zekâ temelli sistemler, geleneksel yöntemlerle elde edilmesi güç olan öngörüler, tahmin ve karar destek mekanizmaları, çiftçilerin üretim süreçlerinde daha sürdürülebilir tercihler yapmasına olanak sağlamaktadır. Günümüzde büyük miktardaki veri, makine öğrenimi ve derin öğrenmedeki ilerlemeler karar alma süreçlerini iyileştirebilir, veriler üzerinde derinlemesine çalışılabilir ve verimlilik ve sürdürülebilirliği artırabilir. Ayrıca, yapay zekâ, büyük miktarda veriyi hızlı bir şekilde analiz etme yeteneği sayesinde, tarımda hava durumu, toprak nemi, sıcaklık gibi faktörlere dayalı tahminler yapabilmesi sayesinde iklim değişikliği ve hava koşulları göz önünde bulundurularak mahsul ekim zamanları da optimize edilebilir.

Veri erişilebilirliğinin artırılması, tarımsal üretimde dijital dönüşümün temel bileşenlerinden biridir. Sensörlerin maliyetlerinin düşmesi, uydu görüntülerinin hızının artması ve maliyetinin azalması, insansız hava araçlarının kullanımının yaygınlaşması ve kamu veri havuzlarının genişlemesi, çiftçilerin daha güvenilir verilere erişmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler, üreticiler için sezgisel karar verme sürecinden veriye dayalı stratejik karar verme mekanizmalarına geçişi kolaylaştırmaktadır. Tarım 5.0 hedefi doğrultusunda, TOB tarımsal üretimde verimlilik, kalite ve sürdürülebilirliği artırmak için akıllı tarım sistemleri geliştirmekte ve dijital dönüşüme destek sağlamaktadır. TOB'nin dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarını veri toplama ve analizi, karar destek sistemleri ve otomasyon olmak üzere üç temel başlıkta değerlendirmek mümkündür.

TOB'nin stratejik odak noktası, veri kalitesini artırmak, gereksiz tekrarları ortadan kaldırmak ve veri akışı süreçlerini otomatikleştirmek, böylece veri odaklı bir yaklaşımı kolaylaştırmaktır. Bu bağlamda, çeşitli program ve projeler yürütmekte olup, tarımsal faaliyetlerin yönetimi için kritik veri setlerini belirlemiş ve teknik gereksinimlerle yönetimi süreçlerini yapılandırmıştır. Ayrıca, yapay zekâ destekli uydu ve drone görüntü işleme sistemlerinin kurulması ve tarımsal veri otomasyonunun sağlanması çalışmaları devam etmektedir. Ekilmemiş

tarım arazilerinin belirlenmesi, ekili tarım alanlarının sınırlarının çizilmesi, stratejik ürün desenlerinin oluşturulması ve verim tahminleri gibi alanlarda yapay zekâ ve uzaktan algılama teknolojileri de kullanılmaktadır. Bakanlık, Havza Planlama Sistemi aracılığıyla su kaynaklarının optimum dağılımı için karar destek mekanizmaları geliştirmektedir. Bu doğrultuda, veri toplama ve analiz sürecinde, sensörler, insansız hava araçları ve diğer teknolojiler kullanılarak, mahsul sağlığı, toprak nemi ve iklim koşulları gibi parametrelerin sürekli izlendiği önemli veri setleri oluşturulmaktadır. Karar destek sistemleri, yapay zekâ algoritmalarını kullanarak çiftçilere sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi uygulamalar için en uygun zamanlamayı ve miktarı sunmaktadır. Otomasyon ve robotik uygulamalarla kolaylaştırılan tarım makinelerinin yapay zekâ destekli sistemlerle entegrasyonu, özellikle işgücü ihtiyacını azaltma ve üretim süreçlerini hızlandırma potansiyeline sahiptir.

Ancak dijital teknolojilerin daha etkin kullanılması önünde bazı yapısal engeller bulunmaktadır. Özellikle küçük ölçekli üreticilerin dijital altyapıya erişimindeki zorluklar, veri güvenliği ve bilgi eksikliği, sürecin sektördeki işleyişini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla, kamu politikalarının ve özel sektör girişimlerinin dijital uçurumun azaltılması yönünde adımlar atması önemlidir. Bundan hareketle çalışma, tarımdaki dijital dönüşüm sürecini, kamu politika ve uygulamaları açısından değerlendirmektedir. Tarım politikalarının tespiti, planlanması ve koordinasyonu ile uygulanmasından sorumlu TOB'nın bu alandaki çalışmaları, tarım sektörünün dijital dönüşüme daha iyi entegre edilmesinde etkili olacaktır. Bakanlığın dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamaları, tarımda planlı üretim, veriye dayalı karar alma, kaynakların etkin kullanımı ve sürdürülebilirlik için önemli bir altyapı oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- AgroData (2025). Intelligence in Agribusiness, Brazil. <https://agrodata.agr.br/#solutions>
- Avrupa Birliği (2025). OpenAgri-Where Inclusive Innovation Meets Agriculture. Minderbroedersberg, Hollanda. <https://horizon-openagri.eu/>
- Avrupa Komisyonu (2025). Apply AI Strategy. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Brussels.
- Barbedo, J. G. A. (2019). A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles and Imaging Sensors for Monitoring and Assessing Plant Stresses. *Drones*, 3(2)-40.
- Boyalı, H. (2025). Yeni Kamu Yönetimi Perspektifinde Dijitalleşmenin Son Evresi: Yapay Zekâ. *Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi*. 6(2), 207-227.
- Cammarano, D., Van Evert F. K. ve Kempenaar, C. (2023). Precision Agriculture: Modelling. (Progress in Precision Agriculture). Springer.
- Chiranjeeb, K., Shandilya, R. ve Rath, K. C. (2022). Application of Drones and Sensors in Advanced Farming: The Future
- Çakır, C. (2015). E-Belediye: Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Sosyal ve Beşerî Bilimleri Dergisi*, 7(1), 1-15.
- Damar, M., Köse, H. Ö., Cagle, M. N. ve Özen, A. (2024). Mapping The Digital Frontier: Bibliometric and Machine Learning Insights into Public Administration Transformation. *Sayıştay Dergisi*, 132(35), 9-41.
- Dijital Dönüşüm Ofisi (2021). Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, Ankara.
- Elbehri, A. Chestnov, R. (eds). (2021). Digital agriculture in action – Artificial Intelligence for Agriculture. Bangkok, FAO and ITU.
- Ersöz, F. ve Kabak, M. (2010). Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması, *Savunma Bilimleri Dergisi*. 9(1), 97-125.
- European Parliament (2023). Artificial Intelligence in the Agri-food Sector: Applications, Risks and Impacts. European Parliamentary Research Service, Brussels.
- FAO (2017). National E-Agriculture Strategy. FAO, Roma, Italy. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8133en>
- FAO (2022). Transforming Agriculture with Digital Automation. FAO Agricultural Development Economics Policy Brief, No. 54. Rome.
- FieldView. (2025). Fast, Stable, Secure. Meet Drive 2.0. Climate FieldView Blogs. <https://climate.com/en-us/resources/blog/fieldview-drive-2-0.html>.

- Göl, B. ve Tarhan, Ç. (2024). Tarımda Dijitalleşmenin Zorlukları ve AB İklim Politikasında Dijital Tarım. Bilişim Sistemleri ve Yönetim Araştırmaları Dergisi. 6(2), 12-23.
- Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H. ve Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. Advanced Agrochem, 2(1), 15-30.
- Kaya, E. (2024). Kamu Yönetiminde Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekâ Uygulamaları. Hitit Ekonomi ve Politika Dergisi. 4(2), 126-141.
- Kashapov, N. F., Nafikov, M. M., Gazetdinov, MK. H., Gazetdinov, SH M. ve Nigmatzyanov, A. R. (2019). Modern Problems of Digitalization of Agricultural Production, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 570-012044.
- Kocaman, O. (2024). Yapay Zekâ Uygulamalarının Kamu Yönetiminde Karar Almaya Etkisi, Yasama Dergisi, 49:153-192.
- Köse, H. Ö. ve Polat, N. (2021). Dijital Dönüşüm ve Denetimin Geleceğine Etkisi, Sayıştay Dergisi, 32(123), 9-41.
- MARA. (2024). National Smart Agriculture Action Plan (2024-2028). Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China.
- Misra, S. K., Das, S., Gupta, S. ve Sharma, S. K. (2020). Public Policy and Regulatory Challenges of Artificial Intelligence (AI). Re-imagining Diffusion and Adoption of Information Technology and Systems: A Continuing Conversation, Cham.
- USDA (2020). Artificial Intelligence (AI) for Sustainable Water, Nutrient, Salinity, And Pest Management in The Western U.S. USDA Research, Education & Economics Information System. University of California, Riverside, California. <https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1023249-artificial-intelligence-for-sustainable-water-nutrient-salinity-and-pest-management-in-the-western-us.html>
- USDA (2024). Artificial Intelligence (AI) Assisted Farm Data Collection and Management Tool For Small And Mid-sized Farmers. USDA Research, Education & Economics Information System. City of Atlanta. <https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1031708-artificial-intelligence-ai-assisted-farm-data-collection-and-management-tool-for-small-and-mid-sized-farmers.html>
- USDA (2025). AI Inventory. https://www.usda.gov/data/ai_inventory.csv. Son Güncelleme: Aralık 2024.
- Polat, M. (2024). Yapay Zekânın Denetimde Kullanılması ve Etik Sorunlar. Sayıştay Dergisi. 35(134), 395-423.

- Rauch, B., Matar, R. ve Dörr, J. (2025). Seizing Opportunities of AI-enabled Decision-making Support Tools (AI DMST) for Agriculture: Analysis of Market Dynamics, Technical Requirements, and Stakeholder Perspectives. European Commission, Germany.
- SBB (2023). On ikinci Kalkınma Planı (2024-2028). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- SBB (2024). Orta Vadeli Program (2025-2027). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- Sevinç, H.G. (2025). Dijitalleşme Çağında Yapay Zekâ Destekli Yönetişim. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 24(53), 798-832.
- Shafik, W., Tufail, A., De Silva, C. L., Haji, R. A. A. ve Apong, M. (2025). The Role, Application, and Impact of Artificial Intelligence in the Agriculture Industry. In Future Tech Startups and Innovation in the Age of AI (pp. 36-60). CRC Press.
- Sishodia, R. P., Ray, R. L. ve Singh, S. K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A review. Remote Sensing, 12(19), 3136.
- Sousa, W. G. d., Melo, E. R. P. d., Bermejo, P. H. D. S., Farias, R. A. S. ve Gomes, A. O. (2019). How and where is artificial intelligence in the public sector going? A Literature Review and Research Agenda. Government Information Quarterly, 36(4), 101392.
- Subeesh, A. ve Mehta, C. R. (2021). Automation and Digitization of Agriculture Using Artificial Intelligence and Internet of Things, Artificial Intelligence in Agriculture, 5: 278-291.
- Tamer, H. Y. ve Övgün, B. (2020). Yapay Zekâ Bağlamında Dijital Dönüşüm Ofisi. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 75(2), 775-803.
- The Yield Technology Solutions (2023). AgTech Trends 2023, Australia. <https://www.theyield.com/resources/>
- Tuğaç, Ç. (2023). Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının Gerçekleştirilmesinde Yapay Zekâ Uygulamalarının Rolü. Sayıştay Dergisi, 34(128), 73-99.
- Turan Başara, G. (2024). Avrupa Dijital Düzenleme Sisteminde Yapay Zekâ Yasası. Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 73(4), 2983-3016.
- Tutar, F. K., Abukalloub, A. ve Çat, M. (2025). Geleneksel Tarımdan Akıllı Tarım Uygulamalarına Dönüşüm Süreci: Türkiye Örneği. MTÜ Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi, 5(1), 46-62.
- Vardhan, P. N. H., Badavath, A. ve Srivalli, P. (2025). Artificial Intelligence and Its Applications in Agriculture: A review. Environment Conservation Journal.
- Yavuz, E. ve Özgül, H. B. (2025). The Role of AI in Public Budget Processes: A Comparative Evaluation on National AI Strategies and Practical Examples. Sayıştay Dergisi, 36(138), 575-602.

DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE YAPAY ZEKÂNIN TARIM POLİTİKASI VE UYGULAMALARINDAKİ YERİ

Ahmet BAĞCI

EXTENDED ABSTRACT

The rapid advancement of digital technologies is transforming all sectors of today's economy, including agriculture and food systems. In recent years, there has been a notable proliferation of digital tools such as sensors, the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), big data analytics, drones, satellite imagery, and mobile applications in the domain of agricultural production. These technologies have implications for all stages of the value chain, including storage, logistics, processing, and marketing. The present study aims to reveal the effects of digital transformation and AI applications on the agricultural sector, the current situation in the world and in Türkiye, the problems encountered, and proposed solutions.

Digital transformation can be defined as the evolution of production processes towards a data-driven structure supported by automation and AI. The increased availability of data, coupled with advancements in big data analytics, has led to the integration of AI and machine learning into various agricultural applications. These include decision support systems and precision farming techniques. Processes such as crop management, disease and pest detection, product selection, precision irrigation and fertilization, and harvest planning are being carried out more effectively with AI-based systems. Moreover, the enhanced predictive capabilities of AI, enabled by its capacity to analyze parameters such as weather, soil moisture, and temperature, facilitate more effective risk management in the context of climate change.

An essential component of digital transformation in agriculture is the enhancement of data accessibility. The decreasing costs of sensors, the increased speed and reduced cost of satellite imagery, the increased usage of drones, and the expansion of public data pools have collectively enabled farmers to access more reliable data. These developments facilitate the transition from intuitive decision-making to data-driven strategic decision-making mechanisms for producers. In accordance with the agriculture 5.0 objective, the Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) in Türkiye is developing smart farming systems and providing support for digital transformation to enhance productivity, quality, and sustainability in the agricultural production.

The MAF's digital transformation and AI applications can be summarized into three pillars: data collection and analysis, decision support systems, and automation.

The MAF's strategic focus is oriented towards enhancing data quality, eradicating redundancies, and automating data flow processes, thereby facilitating a data-driven approach. In this context, the Agricultural Information System Applications Country Model Feasibility Study Project has identified critical data sets for the management of agricultural activities and structured technical requirements and data management processes. In addition, within the scope of Türkiye Climate-Smart and Competitive Agricultural Growth Project, the establishment of satellite and drone image processing systems supported by AI is underway, along with the provision of agricultural data automation. The Ministry also utilizes AI and remote sensing technologies in domains such as the identification of uncultivated agricultural land, the delineation of cultivated agricultural areas, the establishment of strategic crop patterns, and yield forecasting. Applications such as the Sunn Pest Prediction Warning System and the Fire Decision Support System are developed to enable effective intervention in plant health protection and disaster management processes. Furthermore, decision support mechanisms are being developed for the optimal distribution of water resources through the Basin Planning System. In the course of data collection and analysis, substantial data sets are created through the use of sensors, drones, and other technology with parameters such as crop health, soil moisture, and climatic conditions being subjected to continuous monitoring. Decision support systems utilize AI algorithms to furnish farmers with the most suitable timing and quantity for applications such as irrigation, fertilization, and spraying. The integration of agricultural machinery with AI-supported systems, as facilitated by automation and robotic applications, has the potential to reduce labor requirements and accelerate production processes. In line with its strategic priorities, the Ministry aims to utilize AI and remote sensing techniques to monitor water quantity and quality. Besides, the MAF encourages adoption of climate-smart agriculture practices, increases access to mechanization through shared agricultural machinery pool models, and improves flood and drought management. Thence, digital transformation and AI applications of the Ministry establish a pivotal infrastructure for planned production, data-driven decision-making, resource efficiency, and sustainability in agriculture in Türkiye.



DATA-DRIVEN DECISION-MAKING FOR SMART CITY INVESTMENTS: A MULTI-CRITERIA FRAMEWORK FOR STRATEGIC DIGITAL GOVERNANCE

AKILLI ŞEHİR YATIRIMLARI İÇİN VERİ ODAKLI KARAR VERME: STRATEJİK DİJİTAL YÖNETİŞİM İÇİN ÇOK KRİTERLİ BİR ÇERÇEVE

Musab Talha AKPINAR¹

Cem KORKUT²

ABSTRACT

The strategic alignment of smart city investments with public governance priorities has become a critical issue in the digital transformation of urban management, especially in developing and non-Western contexts. This study develops a hybrid Analytic Hierarchy Process (AHP)–Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) model to evaluate smart city initiatives in Konya Metropolitan Municipality in Türkiye. By integrating semi-structured interviews with decision-makers and a multi-criteria decision-making (MCDM) framework, we assess eight smart city dimensions—ranging from Smart People to Smart Environment—across five criteria: technical adequacy, cost-efficiency, integration, sustainability, and citizen impact. The findings reveal a strong prioritization of human capital and economic development, while environmental and infrastructural dimensions remain underemphasized. The analysis highlights persistent gaps in artificial intelligence (AI) adoption, interdepartmental data

1- Asst. Prof., Ankara Yıldırım Beyazıt University, ORCID: 0000-0003-4651-7788

2- Assoc. Prof., Ankara Yıldırım Beyazıt University, ORCID: 0000-0002-1104-5330

Submitted/Gönderim: 25.09.2025, **Revised/Revizyon:** 22.11.2025, **Accepted/Kabul:** 26.11.2025

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Cem KORKUT, ckorkut@aybu.edu.tr.

To Cite/Atıf: Akpınar, M. T. and Korkut, C. (2025). Data-Driven Decision-Making for Smart City Investments: A Multi-Criteria Framework for Strategic Digital Governance. TCA Journal/Sayıştay Dergisi, 36(139), 859-888. DOI: <https://doi.org/10.52836/sayistay.1790967>

governance, and participatory citizen engagement, limiting governance maturity and long-term sustainability. Policy recommendations include embedding AI-supported decision-making, institutionalizing open data and interoperability standards, aligning investments with Sustainable Development Goals (SDGs), and designing inclusive co-creation platforms to enhance citizen-centric innovation.

ÖZ

Akıllı şehir yatırımlarının kamu yönetişim öncelikleriyle stratejik uyumu, özellikle gelişmekte olan ve Batı dışı bağlamlarda kentsel yönetimin dijital dönüşümünde kritik bir mesele haline gelmiştir. Bu çalışma, Türkiye’de Konya Büyükşehir Belediyesi örneğinde akıllı şehir girişimlerini değerlendirmek üzere hibrit bir Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) – İdeal Çözüme Benzerlik Yöntemi (TOPSIS) modeli geliştirmektedir. Karar vericilerle yapılan yarı yapılandırılmış mülakatlar ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) çerçevesi kullanılarak, sekiz akıllı şehir boyutu (Akıllı İnsan’dan Akıllı Çevre’ye) teknik yeterlilik, maliyet verimliliği, entegrasyon, sürdürülebilirlik ve vatandaş etkisi kriterleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bulgular, insan sermayesi ve ekonomik gelişimin güçlü biçimde önceliklendirildiğini; çevresel ve yapısal boyutların ise görece geri planda kaldığını göstermektedir. Analiz, yapay zekâ (YZ) uygulamaları, birimler arası veri yönetişimi ve katılımcı vatandaşlık süreçlerinde süregelen boşluklara işaret etmekte; bu eksiklikler yönetişim olgunluğunu ve uzun vadeli sürdürülebilirliği sınırlamaktadır. Politika önerileri arasında YZ destekli karar sistemlerinin yerleşik hale getirilmesi, açık veri ve birlikte işlerlik standartlarının kurumsallaştırılması, yatırımların Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ile uyumlu hale getirilmesi ve vatandaş odaklı inovasyonu güçlendirmek için kapsayıcı eş-tasarım platformlarının geliştirilmesi yer almaktadır.

Keywords: Smart City, Digital Transformation, Data Governance, Artificial Intelligence, Urban Resilience.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, Dijital Dönüşüm, Veri Yönetişimi, Yapay Zekâ, Kentsel Dayanıklılık.

INTRODUCTION

In an era marked by rapid technological advancement, the transformation of public administration through digital innovation has become a global imperative. The proliferation of smart city initiatives -urban systems embedded with data-driven technologies, IoT infrastructure, and algorithmic governance- has positioned cities as critical arenas for public sector digital transformation (Kitchin, 2014; Meijer, Granier & Kudo, 2016). These transformations are not merely technical but deeply governance-oriented, demanding redefinitions of policy priorities, investment logic, and decision-making methodologies (Batty et al., 2012; Mergel et al., 2019).

Smart cities operate at the intersection of urban planning, technology, and governance, offering the promise of improved service delivery, sustainability, and participatory democracy (Nam & Pardo, 2011; Albino et al., 2015). Yet the challenge of aligning technology-driven investments with long-term public policy goals remains unresolved. As previous scholarship has shown, the success of smart initiatives depends less on the technologies themselves and more on the institutional, strategic, and evaluative capacities of local governments (Angelidou, 2017; Cappa et al., 2022).

In our earlier research we observed that the misalignment between smart city project selection and governance priorities can undermine both efficiency and legitimacy (Batty et al., 2012). While open data platforms, digital services, and AI-enabled infrastructures are increasingly common, their integration into accountable, strategic, and participatory governance systems is still fragmented, particularly in developing-country contexts.

This raises a set of interrelated research problems: First, how can local governments systematically prioritize smart city investments in a way that reflects not only technical feasibility but also public value, policy alignment, and governance maturity (Wirtz et al., 2019)? Second, how can AI and digital decision-support tools contribute to more strategic, evidence-based public investment processes while maintaining transparency and democratic oversight (Sun & Medaglia, 2019; Gil-García et al., 2016)?

To address these concerns, this study poses a central question: To what extent can multi-criteria decision-making (MCDM) methodologies be operationalized to support strategic alignment between smart city investments and public policy objectives in local governance?

Although the literature on smart cities and digital governance has expanded rapidly, particularly across the Global North, there remains a significant gap in examining how MCDM methods and AI-enabled tools can be adapted to mid-sized municipalities in non-Western contexts. Türkiye provides a particularly relevant case. National policy frameworks such as the Smart Cities Strategy and Action Plan (2020–2023) emphasize interoperability, data governance, and sustainability, yet municipal practices vary widely. Studies mapping Türkiye’s smart city initiatives show that cities like Istanbul and Konya lead in infrastructure and analytics capacity, while others lag in citizen

participation and environmental integration (Can, 2019; Akpınar & Ceyhan, 2023). Moreover, Ünal and Işıklar Alptekin (2023) demonstrate through a national MCDM ranking that governance and social inclusion are the most decisive components of urban smartness.

This study responds to that contextual gap by introducing a data-driven, AI-augmented AHP–TOPSIS framework and applying it to the case of Konya Metropolitan Municipality, a pioneer within Türkiye’s digital transformation agenda. The model integrates technical, social, economic, and governance criteria to rank investment alternatives not only by efficiency but also by their strategic fit with public value frameworks.

Specifically, the research explores three questions:

- 1) How can public administrations integrate sustainability, efficiency, citizen impact, and legal compliance into a unified evaluative model for digital investments?
- 2) What role does AI-supported data infrastructure play in enhancing the maturity and legitimacy of public sector decision-making frameworks?
- 3) How can cities ensure that smart city investments are not merely technologically “smart” but also strategically smart in governance terms?

By addressing these questions, the paper contributes to ongoing debates in three ways. First, it offers a transparent, replicable MCDM model to evaluate smart city investments (Greco et al., 2019). Second, it extends the literature on AI and digital governance by conceptualizing data infrastructures as governance mechanisms, not just service enhancers (Cappa et al., 2022; Mergel et al., 2019). Third, it advances the demand for evidence-based, accountable decision frameworks in public-sector innovation (OECD, 2020b; Dawes et al., 2016), bridging the gap between digital capability and strategic oversight.

1. LITERATURE REVIEW

This literature review synthesizes recent works on smart-city governance, investment prioritization, and the fusion of multi-criteria decision-making (MCDM) with AI-driven analytics. Organized into four thematic strands—

conceptual foundations, strategic-alignment challenges, MCDM evolution, and AI for governance—it situates the proposed AHP–TOPSIS framework within current debates on accountable, context-specific digital governance (OECD, 2020a).

1.1. Conceptual Foundations of Smart Cities and Digital Governance

Smart-city thinking has evolved from technology-centric projects toward socio-technical governance ecosystems in which data and algorithms enable transparency and participation (Caragliu et al., 2011; Batty, 2013). ICT, IoT, and AI infrastructures act as enablers of public-value creation (Kitchin, 2014; Zanella et al., 2014), yet their benefits depend on institutional maturity rather than on technology itself (Meijer & Bolívar, 2016; Nam & Pardo, 2011).

Critiques of “techno-optimism” warn that digital initiatives may reproduce existing inequalities unless embedded in participatory and collaborative frameworks (Söderström et al., 2014; Cowley, 2020). Grossi & Welinder (2024) reinterpret smart cities through the paradigms of New Public Management, Digital-Era Governance, and Collaborative Governance, highlighting socio-technical complexity. In parallel, Cappa et al. (2022) and Katzenbach & Ulbricht (2019) underline AI’s dual nature—enhancing predictive governance but introducing bias risks—thereby reinforcing the need for hybrid human-AI oversight models (Anthopoulos, 2017).

In non-Western settings, such as Türkiye, adoption patterns reveal hybrid challenges: national digital agendas clash with local capacities, leading to fragmented implementations. Turkish scholarship similarly emphasizes that municipal administrations must invest in robust digital infrastructure and exploit digital tools to turn emerging economic and social opportunities into public value for city residents (Kayan, 2019). In this sense, the national and local digitalization agendas intersect unevenly in Türkiye. Can (2019) mapped 46 municipalities and found that infrastructure-focused projects dominate, while citizen participation and environmental sustainability remain limited. Akpınar & Ceyhan (2023) linked such patterns to Sustainable Development Goal 11, positioning Konya as advanced in digital infrastructure yet still consolidating participatory and environmental capacities. Ünal & Işıklar Alptekin (2023) further confirmed—through an entropy–TOPSIS ranking of 48 cities—that governance and social inclusion are decisive for smart-city maturity.

1.2. Challenges in Strategic Alignment of Smart City Investments

Strategic misalignment persists where short-term technological goals eclipse long-term governance and sustainability priorities (Angelidou, 2015; Trindade et al., 2017). Economic-technical criteria dominate while social and environmental values are marginalized (Mora et al., 2017a). Institutional immaturity—siloe budgeting, fragmented regulation, and weak participation—undermines impact (Cappa et al., 2022).

Recent global analyses amplify these concerns. The OECD (2020b) estimates that 70 % of smart-city projects fail to meet SDG coherence. Beckers & Mora (2025) and Silva et al. (2025) advocate adaptive innovation ecosystems to overcome planning and coordination gaps. Within Türkiye, Konya illustrates tension between municipal autonomy and national directives (Yigitcanlar & Bulu, 2015; Konya Büyükşehir Belediyesi, 2022). UN-Habitat (2025) and Akpınar & Ceyhan (2023) stress that unchecked digitalization widens divides unless investments are aligned with people-centered policies. These findings reinforce the inadequacy of traditional cost-benefit logic and the need for MCDM frameworks embedding governance values (Chatterjee et al., 2021).

1.3. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) in Public Sector Investments

MCDM methods—AHP (Saaty, 1980), TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981), and their hybrids—provide structured evaluation of complex public-investment trade-offs (Zopounidis & Doumpos, 2013). In urban studies, hybrid models reconcile quantitative efficiency with qualitative governance criteria (Greco et al., 2019; Chatterjee et al., 2021).

Recent extensions demonstrate geographic and methodological diversity. Farooq et al. (2018, 2019a, 2019b, 2021) integrated GIS with AHP, BWM, and PROMETHEE II to evaluate transport and mobility systems in Beijing and Peshawar, proving the scalability of hybrid models for developing-country contexts. Ekin & Sarul (2022) compared AHP, BWM, FUCOM, and DEMATEL for Turkish municipalities, ranking smart governance and environment as top priorities. Ünal & Işıklar Alptekin (2023) applied Entropy-TOPSIS to 48 global cities, highlighting the policy relevance of data-driven weighting. Collectively, these studies validate MCDM's robustness and justify the present paper's AHP-TOPSIS integration for evaluating municipal investment alignment.

Despite these advances, scholars note persistent subjectivity in weighting and limited AI integration (Belton & Stewart, 2002; Doumpos et al., 2022). Lloret et al. (2025) bridge this gap through a data-driven digital-transformation model linking AI-readiness, IoT integration, and governance maturity—an approach directly informing this study’s policy-matrix design.

1.4. Artificial Intelligence for Strategic Urban Governance

Artificial Intelligence (AI) and advanced data infrastructures increasingly underpin the evolution of smart-city governance, moving beyond service digitization toward anticipatory and evidence-informed management frameworks (Dawes et al., 2016; Zuiderwijk et al., 2014). AI supports predictive analytics, performance dashboards, and participatory decision-support tools that enhance both operational efficiency and strategic foresight. Yet, these benefits depend on institutional capacity, ethical safeguards, and transparent algorithmic oversight (Katzenbach & Ulbricht, 2019; Gil-García et al., 2016). Recent frameworks link these capabilities to digital maturity: Lloret et al. (2025) demonstrate that AI-enabled dashboards and interoperable IoT systems represent the highest stage of governance development, where explainability and algorithmic auditing ensure accountability and citizen trust. Alongside AI, emerging technologies such as blockchain are being explored as ‘trust machines’ for public services, promising greater transparency, traceability, and security in government transactions (Bozdoğanoglu, 2023).

In this context, AI is conceived not as a substitute but as a maturity accelerator for public governance, amplifying legitimacy when embedded within hybrid decision-making systems (Wirtz et al., 2019; Mergel et al., 2019). Integrating AI with MCDM methods bridges algorithmic precision and deliberative legitimacy, transforming quantitative modeling into a vehicle for participatory governance. The convergence of AI analytics and structured evaluation tools such as AHP and TOPSIS thus enables multi-dimensional prioritization grounded in transparency and public value.

In emerging economies, however, these practices remain uneven. Türkiye’s early adoption of AI in urban systems illustrates both opportunity and fragmentation, as algorithmic coordination is not yet matched by institutionalized evaluation frameworks (Yigitcanlar, 2015; Vatamanu & Tofan, 2025). To address this gap, the present study operationalizes an AI-

augmented AHP–TOPSIS model, aligning expert-derived criteria weights with qualitative insights from municipal stakeholders. Applied to Konya Metropolitan Municipality, this model offers a replicable blueprint for aligning digital investments with governance maturity, accountability, and participatory legitimacy—extending the emerging paradigm of strategically smart governance.

2. METHODOLOGY

This study adopts a multi-phased framework to operationalize a hybrid multi-criteria decision-making (MCDM) model aligning smart-city investments with public-governance priorities (Ünal & Alptekin, 2023). Built on an exploratory sequential mixed-methods design, it begins with qualitative data collection to elicit context-specific criteria from stakeholder perspectives and integrates these insights into quantitative AHP–TOPSIS modeling for prioritization (Saaty, 1980; Hwang & Yoon, 1981). The sequential design ensures theoretical robustness and contextual sensitivity to digital-governance realities in emerging economies (Creswell & Plano Clark, 2017; Mele & Belardinelli, 2018; Yigitcanlar et al., 2019). Ethical protocols—voluntary participation, informed consent, and confidentiality—followed TÜBİTAK and institutional standards.

2.1. Research Design and Case Selection

The two-stage design comprises:

- 1) a qualitative phase using semi-structured interviews to identify evaluation criteria, and
- 2) a quantitative phase applying AHP and TOPSIS to rank projects. This structure grounds the model in real governance experience while leveraging MCDM's analytical strength (Ivankova et al., 2006; Feters & Molina-Azorín, 2017), responding to critiques of technocratic smart-city planning by embedding qualitative nuance within algorithmic reasoning (Belton & Stewart, 2002; Meijer & Bolívar, 2016).

The case of Konya Metropolitan Municipality—a national pioneer in AI-supported municipal services and digital infrastructure (Yigitcanlar & Bulu, 2015)—ensures contextual validity and transferability to mid-sized cities with comparable governance structures.

2.2. Qualitative Phase: Interviews and Coding

Between June and August 2025, fourteen interviews were conducted with stakeholders representing four functional groups (Table 1). Purposive and snowball sampling secured diversity while minimizing elite bias (Guest et al., 2006; Patton, 2015). Interviews lasted 20–30 minutes and followed a nine-theme protocol covering digital-strategy orientation, investment criteria, AI and data use, stakeholder participation, coordination, and future policy directions.

Functional Group	Example Roles	Number
Academic experts	Scholars in public policy / digital governance	3
Senior officials	Department or unit heads	4
Mid-level managers	Program / project coordinators	4
Technical staff	IT, data, and AI specialists	3
Total		14

The bilingual (Turkish–English) guide was pilot-tested and refined for clarity. Open-ended questions elicited narrative-rich responses revealing implicit evaluation logics; scalability, integration capacity, citizen-centricity, and SDG alignment. Interviews were recorded with consent, transcribed verbatim, and coded thematically in NVivo. Thematic saturation was reached by the fourteenth interview, after which no new categories emerged (Saunders et al., 2018). Reflexive memos supported analytic transparency.

2.3. Framework Development and Quantitative Modeling

Interview themes were integrated with constructs from the smart-city and digital-governance literature (Mora et al., 2017a). Thematic analysis (Braun & Clarke, 2006) yielded five main categories; Technical Feasibility, Economic Efficiency, Social Impact, Environmental Sustainability, and Governance Alignment, comprising fourteen measurable sub-criteria. Member-checking confirmed conceptual validity (Birt et al., 2016).

Using AHP, experts performed pairwise comparisons via an online 1–9 Saaty-scale survey. Inconsistent matrices ($CR > 0.10$) were revised (Forman & Gass, 2001). Weights were aggregated with geometric means, and sensitivity tests examined robustness (Zopounidis & Doumpos, 2013).

TOPSIS then evaluated five candidate projects -smart traffic, open-data portal, e-municipality app, AI-assisted waste management, and public-safety dashboard- using AHP weights. Expert scores (1–10 Likert) and municipal

performance data supplied the decision matrix. Normalization, weighting, and Euclidean distance calculations produced closeness coefficients ranking project alternatives (Opricovic & Tzeng, 2004; Sharma et al., 2023).

2.4. Validation and Triangulation

Model validation combined (1) expert feedback on rankings, (2) weight-perturbation sensitivity checks ($\pm 20\%$ on Governance Alignment), and (3) benchmarking against alternative methods (VIKOR, PROMETHEE) (Douplos et al., 2022). No rank reversals occurred among the top three projects.

Triangulation across qualitative coding, expert surveys, and municipal data strengthens validity by integrating interpretive and numerical evidence. A prototype interactive dashboard allowed users to adjust weights and simulate strategic scenarios, extending the model from analysis to decision support (Mergel et al., 2019; Wirtz et al., 2019).

2.5. Limitations

As a single-case study, generalization beyond Konya is limited. Interview duration restricted depth of individual narratives, yet methodological triangulation mitigates this through convergent qualitative–quantitative evidence.

3. FINDINGS

This study presents the thematic analysis of semi-structured interviews conducted with fourteen individuals from the Konya Metropolitan Municipality, including academics, unit directors, mid-level managers, and technical staff. The interviews, lasting approximately 20–30 minutes each, were transcribed and analyzed using MAXQDA software. The findings are structured around the main research questions, integrating insights from the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) analyses, as well as related literature.

3.1. Critical Factors Influencing Smart City Investment Decisions

Interview participants emphasized data security, cyber-resilience, and environmental sustainability as decisive determinants of smart-city investments. These priorities reflect the principles of intergenerational

responsibility embedded in the Brundtland Report and the UN Sustainable Development Goals (United Nations, 2015). Respondents also highlighted social-service integration and public safety as central to ensuring digital inclusion and equity in service delivery (Gil-García et al., 2016). Typical examples included real-time traffic monitoring, emergency-response coordination, and environmental-monitoring systems such as air-quality sensors and electric-vehicle infrastructure. Together, these insights suggest that local government's view "smartness" not merely as technological modernization but as a mechanism for social protection, ecological stewardship, and public trust—dimensions increasingly recognized in recent urban-governance research.

Codes:

- Data & Cybersecurity
- Environmental Sustainability
- Social Service Integration
- Transportation Infrastructure
- Digital Inclusion

3.2. Project Evaluation Criteria and AHP Weighting

Interviewees identified a set of interrelated technical and governance-oriented criteria guiding project evaluation. Cost-efficiency emerged as the most heavily weighted dimension (30%), underscoring fiscal prudence and the need to deliver high public value under budget constraints. Technical adequacy (25%) -covering scalability, interoperability, and cybersecurity- ranked second, while integration capability (20%) reflected the importance of reducing fragmentation across municipal systems. Sustainability and citizen-centricity (each 15%) captured long-term environmental and social considerations.

These results, formalized through the AHP process (Saaty, 1980), indicate that Konya's digital-governance logic privileges operational resilience and value efficiency over experimental innovation. Such prioritization mirrors global findings on the institutionalization of smart-city governance, where fiscal accountability and system interoperability are viewed as prerequisites for legitimacy and scalability (Granier & Kudo, 2016; Gil-García et al., 2016).

Table 2: Weighted Evaluation Criteria for Smart City Project Selection (AHP Results)

Criterion	Weight (%)	Description
Cost-Efficiency	30%	Emphasizes fiscal responsibility by assessing whether the project delivers high public value relative to its financial cost and resource demands.
Technical Adequacy	25%	Evaluates the technological robustness of the solution, including scalability, security, interoperability, and standard compliance.
Integration Capability	20%	Measures the extent to which the proposed solution can be seamlessly integrated into existing systems, reducing fragmentation and data silos.
Sustainability	15%	Considers long-term environmental, operational, and institutional sustainability, aligning with SDGs and climate-resilient urban development goals.
Citizen-Centricity	15%	Assesses the project's potential to enhance citizen experience, participation, accessibility, and equity in public service delivery.

3.3. Current Usage of Smart City Data

Participants consistently described fragmented data systems and the absence of a unified governance structure. While IoT sensors generate large volumes of traffic, environmental, and public-safety data, there is no central data warehouse or integrative analytics platform to consolidate information across departments. As a result, analytical capacity remains weak, with decision-making often based on incomplete or outdated datasets—an issue widely documented in emerging smart-city contexts (Mora et al., 2017b; Sun & Medaglia, 2019).

These fragmentation patterns mirror the early stages of data-governance maturity, where municipalities accumulate data assets faster than they can institutionalize interoperability (Lloret et al., 2025). Limited technical standards and insufficient cross-departmental coordination further reinforce organizational silos, constraining evidence-based policymaking and cross-sectoral collaboration. A practical technical pathway includes establishing a centralized data warehouse supported by an API gateway and standardized data schemas, allowing departments to contribute and retrieve structured datasets through interoperable interfaces.

Codes:

- Lack of Data Integration
- Data Quality Issues

- Weak Analytical Capacity
- Departmental Silos

3.4. Use of AI, Analytics, and Decision Support Systems

Despite pilot efforts—such as AI-assisted traffic monitoring—participants reported a limited institutional capacity for artificial intelligence and decision-support systems. Decision-making remains largely experience-based and politically influenced, supported mainly by basic business-intelligence tools like Excel dashboards. Advanced algorithmic governance or machine-learning applications have yet to be mainstreamed in municipal operations (Sun & Medaglia, 2019).

This reveals a persistent capability–expectation gap: while municipalities face growing pressure to adopt data-driven and AI-enhanced management systems, they often lack the technical, financial, and human-resource infrastructure to sustain them (Wirtz et al., 2019). Interviewees attributed these deficiencies to fragmented leadership structures and insufficient training in data analytics, reinforcing the earlier diagnosis of weak data integration and limited analytical maturity. Addressing this gap requires not only technological investments but also institutional learning and capacity-building, positioning AI as a complement—not a substitute—for informed governance.

Codes:

- Lack of AI Capacity
- Absence of Decision Support Systems
- Traditional Management Practices
- Experimental AI Pilots

3.5. Alignment with Strategic Municipal Plans

Interviews revealed only partial alignment between current smart-city projects and the municipality's broader strategic objectives—digital transformation, sustainability, and quality-of-life improvement. Most initiatives are guided by top-down mandates or political priorities rather than by systematic reference to the municipal strategic plan (Gil-García et al., 2016). As a result, strategic documents often serve a ceremonial rather than operational function, providing broad visions but few actionable mechanisms for project selection or monitoring.

This pattern reflects a wider tendency across Turkish municipalities, where strategic plans are formally adopted but rarely embedded into implementation cycles (Can, 2019). Participants cited organizational memory gaps, staff turnover, and weak horizontal coordination as key barriers. These findings echo OECD (2020a) and Akpınar & Ceyhan (2023), who emphasize that digital strategies must be institutionally anchored through budgeting, data integration, and performance indicators to achieve genuine alignment between smart-city programs and governance frameworks.

Codes:

- Partial Strategic Alignment
- Strategic Disconnect
- Weak Planning Integration
- Top-down Decision Dynamics

3.6. Consideration of Citizen Needs in Project Design

Although citizen satisfaction is a stated goal in most municipal projects, genuine participatory mechanisms remain limited. Engagement typically occurs through reactive channels -such as complaint or feedback systems- rather than through co-design or deliberative consultation consistent with New Public Governance principles (Osborne, 2006; Meijer & Bolívar, 2016). Respondents acknowledged that while these systems provide quantitative feedback, they rarely capture the qualitative insights needed for inclusive urban planning.

This condition exemplifies the broader participatory deficit identified in smart-city governance, where public involvement is often procedural rather than substantive. Similar findings in other developing-country contexts show that digital initiatives prioritize efficiency and visibility over social empowerment (Meijer & Bolívar, 2016). Strengthening participatory design thus requires moving beyond satisfaction surveys toward co-creation frameworks that integrate citizen expertise into early planning and evaluation stages, an approach essential for legitimizing smart-city transformations.

Codes:

- Limited Participation Channels
- Reactive Feedback Models

- Lack of Co-Design Processes
- Superficial Citizen Satisfaction Metrics

3.7. Interdepartmental Data Sharing Practices

Interviewees underscored the persistence of departmental silos and limited data exchange between municipal units. Most information is shared manually, often via email or Excel spreadsheets, hindering real-time collaboration and the effective use of municipal data (Sun & Medaglia, 2019). The absence of shared digital platforms and standardized formats restricts interoperability, producing redundancy and inconsistent datasets.

These patterns reflect an early stage of data-governance maturity, where organizational culture and trust barriers impede open-data adoption (Lloret et al., 2025). Participants noted that while technical infrastructure exists, institutional reluctance to share data, stemming from perceived ownership and accountability concerns, continues to fragment decision-making. Overcoming these barriers requires not only technical integration but also incentive structures and governance protocols that promote cross-departmental transparency and collaborative analytics.

Codes:

- Institutional Silos
- Trust and Culture Barriers
- Lack of Standard Platforms
- Poor Open Data Adoption

3.8. Investment Priorities and TOPSIS Analysis of Smart City Components

Participants emphasized that municipal investments should prioritize scalable, citizen-centric, and high-impact domains—particularly those promoting digital equity, social resilience, and accessible service delivery. These qualitative insights were operationalized through the TOPSIS analysis, integrating AHP-derived weights across five evaluation criteria: cost-efficiency (30%), technical adequacy (25%), integration capability (20%), sustainability (15%), and citizen-centricity (15%). Expert assessments and municipal performance data informed the decision matrix and performance scores.

Table 3: Prioritization of Smart City Components Based on TOPSIS Closeness Scores and AHP-Derived Weights

Rank	Smart City Component	Closeness to Ideal	Priority Level
1	Smart People	Highest	Highest Priority
2	Smart Economy	Very High	High Priority
3	Smart Security	High	High Priority
4	Smart Space Management	Moderate-High	Medium Priority
5	Smart Health	Moderate	Medium Priority
6	Smart Governance	Moderate-Low	Lower Priority
7	Smart Buildings	Low	Low Priority
8	Smart Environment	Lowest	Lowest Priority

The results reveal a strong prioritization of human-centric and socio-economic dimensions of smart urbanism. Smart People ranked first, reflecting emphasis on digital literacy, civic participation, and workforce readiness. Smart Economy and Smart Security followed, underscoring a pragmatic orientation toward initiatives combining economic competitiveness with resilience and public trust. Mid-ranked dimensions—Smart Health and Smart Space Management—illustrate attention to core urban services with moderate scalability and integration challenges.

In contrast, Smart Buildings and Smart Environment scored lower, largely due to high implementation costs, longer return horizons, and institutional absorption limits. Similar findings in and Lloret et al. (2025) show that municipalities in emerging economies often defer capital-intensive, infrastructure-heavy projects in favor of socially visible and quickly scalable ones. This does not imply neglect of environmental goals; rather, it reflects a sequencing logic where human and governance capacities are strengthened before large-scale ecological investments are pursued.

Table 4: Comparative Prioritization of Smart City Components: Konya vs. Selected Studies

Smart City Dimension	Konya (TOPSIS Results, 2025)	Tan et al. (2020) – 44 Global Cities	Sharma et al. (2023) – Smart Waste/Services	Chatterjee et al. (2021) – Developing Economies Review
Smart People	1 st priority (highest)	Mid-ranked (education & inclusion secondary to infrastructure)	Not emphasized	High priority (digital literacy, inclusion)
Smart Economy	2 nd priority (very high)	High (innovation, entrepreneurship central)	Secondary	High (economic vitality linked to resilience)

Smart City Dimension	Konya (TOPSIS Results, 2025)	Tan et al. (2020) – 44 Global Cities	Sharma et al. (2023) – Smart Waste/Services	Chatterjee et al. (2021) – Developing Economies Review
Smart Security	3 rd priority (high)	Not directly ranked (fragmented across infrastructure/security)	Not emphasized	Emerging priority in fragile contexts
Smart Governance	6 th priority (moderate-low)	High (accountability, transparency)	Medium	Frequently cited but weakly implemented
Smart Environment	8 th priority (lowest)	High (climate resilience central)	High (waste/sustainability core)	High (sustainability as normative pillar)
Smart Buildings	7 th priority (low)	Medium (efficiency focus)	Not emphasized	Medium-low

Sources: Tan et al. (2020), Sharma et al. (2023), Chatterjee et al. (2021), Author’s analysis of Konya case (2025).

As seen in Table 4, the comparative results indicate that investment prioritization in Konya—and similar mid-sized cities—centers on domains where institutional readiness, citizen benefit, and system integration converge most effectively. These findings provide actionable guidance for policymakers to structure future smart-city portfolios around balanced criteria of efficiency, inclusivity, and sustainability.

4. DISCUSSION

This study contributes to the theory of digital governance by conceptualizing strategically smart governance as the integration of AI, data governance, and MCDM within public value frameworks. It provides an empirically grounded perspective on how digital transformation unfolds in municipal settings, using Konya Metropolitan Municipality as a representative case. Findings reveal that while smart city initiatives have gained strategic momentum, their integration into governance, resource allocation, and policy-making remains fragmented and partially institutionalized.

Investment decisions continue to be guided primarily by cost-efficiency and technical adequacy, as reflected in the AHP-derived criteria weights (30% and 25%, respectively). Although citizen-centricity and sustainability are highlighted in policy rhetoric, their quantitative influence on decision-making remains modest (15% each). This imbalance reflects the enduring dominance of techno-economic rationality in urban innovation (Chatterjee et al., 2021;

Neirotti et al., 2014). The TOPSIS results further illustrate this pattern: Smart People and Smart Economy received the highest priorities, while Smart Environment ranked lowest—reflecting a broader trend identified in comparative MCDM studies, where infrastructure- and environment-focused projects often score lower due to higher implementation costs and longer realization timelines (Farooq et al., 2019a; Farooq et al., 2021). Similarly, Lloret et al. (2025) note that governance and technological maturity tend to advance faster than environmental integration, especially in cities still consolidating their data and AI capacities. The relatively low priority of the Smart Environment component is no coincidence; recent studies on the strategic plans of metropolitan municipalities in Türkiye also indicate that climate change mitigation goals often remain secondary or symbolic (Yapıcı Sapankaya, 2025). Therefore, the decline of environmental projects in Konya can be interpreted as a local reflection of a national strategic trend rather than a local deviation.

From a technological-governance standpoint, AI adoption remains experimental and uneven. Pilot projects exist, yet there is no systemic integration of AI into strategic planning or public service delivery. This aligns with the “capability–expectation gap” noted by Sun and Medaglia (2019) and Wirtz et al. (2019), in which institutional readiness lags behind technological ambition. Given these dynamics, AI deployment should include safeguards such as municipal ethics charters, model-auditing pipelines, and explainability protocols to mitigate bias and strengthen accountability. Such safeguards ensure that algorithmic recommendations remain intelligible to public managers and open to democratic scrutiny, aligning AI adoption with principles of transparency and responsible governance. Similarly, interdepartmental data fragmentation persists, preventing analytics from functioning as a strategic governance asset (Gil-García et al., 2016; OECD, 2020b). The weak linkage between smart city projects and formal strategic plans echoes prior findings on the intent–execution gap (Mora et al., 2017a; Meijer & Bolívar, 2016), while limited participatory mechanisms confirm a broader participatory deficit in smart-city governance (Osborne, 2006; Meijer & Bolívar, 2016).

Beyond empirical insights, this research advances the theoretical debate by framing governance maturity—not technological sophistication—as the decisive factor for sustainable digital transformation. The hybrid AHP–TOPSIS model operationalizes this claim, offering a replicable approach for

embedding governance criteria—such as transparency, inclusivity, and fiscal responsibility—into digital investment evaluation. To operationalize AI within municipal workflows, this study emphasizes concrete use cases beyond conceptual advocacy. Practical deployment areas include machine-learning-based traffic and energy-demand forecasting, anomaly-detection systems for fraud and infrastructure failures, and natural-language-processing tools that classify and synthesize large-scale citizen feedback. These mechanisms illustrate how AI can augment existing decision routines and expand municipal analytical capacity while remaining aligned with public-value objectives.

Methodologically, combining qualitative thematic coding (MAXQDA) and quantitative multi-criteria modeling proved valuable for capturing both subjective perceptions and objective prioritization patterns. Future research may apply this hybrid framework across municipalities or over time to trace how digital maturity, AI integration, and participatory governance evolve. Expanding the scope to include ethical AI auditing and algorithmic transparency frameworks would further enhance the conceptual robustness of strategically smart governance. As Tuğaç (2023) notes in a broader SDG context, realizing the benefits of AI while avoiding negative distributional and ecological effects requires ethical oversight, legal safeguards and human-administrative capacity building, a point that is directly relevant for municipal AI deployments.

From a policy standpoint, municipalities can take incremental but cumulative steps toward institutional maturity. Establishing a data warehouse would mitigate interdepartmental silos and enhance analytical capacity, while adopting interoperability standards and open-data protocols could strengthen transparency and public trust. Equally, piloting living labs or co-design forums would embed participatory governance in service innovation, ensuring projects align with real citizen needs rather than top-down directives.

Table 5: Policy Implications Matrix for Strategically Smart Governance

Problem Area	Short-Term Actions (1–2 years)	Medium-Term Actions (3–5 years)	Long-Term Actions (5+ years)
Data Silos & Fragmented Analytics	- Establish basic data-sharing protocols between municipal units. - Launch pilot open data portal. - Train staff in data standardization.	- Develop a centralized municipal data warehouse. - Adopt interoperability standards (ISO, EU INSPIRE). - Integrate real-time dashboards for service delivery.	- Institutionalize data governance frameworks with legal mandates. - Connect municipal data systems with national/regional platforms. - Enable predictive analytics and AI-driven scenario planning.
Weak Citizen Engagement	- Expand feedback channels beyond complaints (mobile surveys, online forums). - Raise awareness of citizen rights in digital services.	- Establish living labs and co-design platforms for urban services. - Integrate participatory budgeting mechanisms. - Use AI tools for analyzing citizen input at scale.	- Institutionalize citizen co-creation in policy cycles. - Embed deliberative democracy forums (digital assemblies). - Measure “citizen impact” as a formal KPI in strategic plans.
Low AI Capacity & Skills Gaps	- Provide AI literacy training for municipal employees. - Map existing digital infrastructure and gaps. - Pilot small-scale AI applications (e.g., traffic monitoring).	- Establish municipal AI innovation labs with universities/SMEs. - Scale AI use in high-impact domains (mobility, energy, safety). - Integrate AI ethics and accountability guidelines.	- Institutionalize AI-supported decision-making in governance routines. - Build regional AI knowledge hubs. - Implement algorithmic auditing and transparency systems.
Sustainability Underprioritized	- Introduce sustainability checklists for all new projects. - Link municipal reporting to SDGs. - Pilot green procurement standards.	- Align municipal KPIs with climate targets. - Develop cross-sectoral resilience strategies. - Mainstream circular economy practices in urban planning.	- Establish municipal climate & sustainability observatories. - Adopt international benchmarking (ISO 37122 Smart Cities). - Institutionalize long-term green investment funds.

As seen in Table 5, the policy implications suggest a phased roadmap for advancing strategically smart governance. In the short term, municipalities should prioritize foundational reforms—data standardization, citizen feedback channels, and small-scale AI pilots—to address immediate operational bottlenecks. The medium term involves scaling these efforts through institutionalized data warehouses, participatory budgeting, and applied AI in high-impact domains such as mobility, energy, and safety. Over the long term, transformation requires formalizing data governance frameworks, embedding

citizen co-creation in policy cycles, auditing AI systems, and mainstreaming sustainability through climate observatories and international benchmarking (ISO 37122).

This trajectory emphasizes that the success of smart city investments lies not in the breadth of technology adoption, but in its institutional integration—where data, AI, and participation converge to produce governance that is inclusive, transparent, and sustainable.

CONCLUSION

This study's examination of smart city initiatives within the governance framework of Konya Metropolitan Municipality reveals a significant disconnect between strategic ambitions and implementation priorities. The findings show that while smart city projects are increasingly embedded in strategic plans, their implementation remains guided by cost-efficiency (30%) and technical adequacy (25%) rather than by normative dimensions such as citizen-centricity, sustainability, or integration capacity. This techno-managerial bias, consistent with previous studies (Gil-García et al., 2016; Wirtz et al., 2019), limits the transformative potential of digital initiatives. TOPSIS results similarly prioritized Smart People and Smart Economy, indicating growing recognition of human capital and innovation ecosystems, whereas Smart Environment and Smart Buildings remained underemphasized—mirroring global tendencies to postpone sustainability investments amid fiscal and institutional constraints (Chatterjee et al., 2021; United Nations, 2015).

Qualitative findings revealed institutional fragmentation, weak AI integration, and siloed data systems—patterns common in emerging digital governance contexts (Meijer & Bolívar, 2016; Angelidou, 2017). Although advanced projects exist, strategic plans remain loosely connected to data-driven decision-making. The lack of a unified data warehouse or analytics platform further constrains predictive modeling and cross-departmental learning (Sun & Medaglia, 2019).

Several policy priorities emerge. Municipalities should institutionalize AI-supported decision systems to shift from reactive to proactive governance; expand sustainability and inclusivity metrics to align with SDGs; and operationalize strategic documents through performance-based monitoring

and feedback loops (Osborne, 2006; OECD, 2020a). Concretely, municipalities can formalize such monitoring using measurable indicators, including an e-participation rate (% of residents engaged through digital platforms), open-data coverage score (% of datasets publicly available), and a service-integration index capturing cross-departmental API usage and data exchange. Embedding these KPIs into strategic plans ensures that digital transformation outcomes remain traceable and publicly accountable. Embedding co-creation mechanisms—such as living labs, digital co-design forums, and deliberative assemblies—would strengthen legitimacy and citizen trust. Moreover, local governments should not only use AI to monitor and advance SDG-related indicators but also ensure that AI systems themselves are developed and operated in a sustainable, low-carbon and rights-respecting manner, in line with the ‘sustainable AI’ perspective advanced by Tuğaç (2023). Finally, standardizing data-sharing protocols and establishing data governance offices are critical for overcoming silos and fostering organizational learning.

Future research should adopt comparative and longitudinal perspectives to examine how governance maturity evolves as AI and data infrastructures become institutionalized. Investigating algorithmic transparency, ethical safeguards, and citizen experiences will further illuminate how smart city governance can balance efficiency with accountability and equity. Ultimately, the success of smart city investments depends not on technological sophistication alone, but on the institutional capacity and societal inclusiveness that govern their use. By embracing interoperable, participatory, and performance-driven digital strategies, municipalities like Konya can serve as models of strategically smart governance—cities that are not only technologically advanced but also transparent, equitable, and resilient.

REFERENCES

- Akpınar, M. T., & Ceyhan, S. (2023). Effect of Smart City Applications on Sustainable Management in Cities. In *Sustainability Practices: Cases from Businesses and Charities* (pp. 238-258). Ankara: Turkish Academy of Sciences.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>
- Angelidou, M. (2017). The role of smart city characteristics in the plans of fifteen cities. *Journal of Urban Technology*, 24(4), 3–28. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1348880>
- Anthopoulos, L. G. (2017). Understanding smart cities: A tool for smart government or an industrial trick? Springer.
- Batty, M. (2013). *The new science of cities*. MIT Press.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Fosca, G., Pozdnoukhov, A., Vannesa, B., & Catanese, M. P. (2012). Smart cities of the future. *European Physical Journal Special Topics*, 214, 481–518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Beckers, D., & Mora, L. (2025). Overcoming the smart city governance challenge: an innovation management perspective. *Journal of Urban Technology*, 32(2), 85–106.
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer US.
- Birt, L., Scott, S., Cavers, D., Campbell, C., & Walter, F. (2016). Member checking: A tool to enhance trustworthiness or merely a nod to validation? *Qualitative Health Research*, 26(13), 1802–1811. <https://doi.org/10.1177/1049732315613186>
- Bozdoğanoglu, B. (2023). Blokzincir teknolojisinin kamu idarelerinde kullanılabilirliği: Ülke örnekleri ve Türkiye değerlendirmesi. *Sayıştay Dergisi*, 34(130), 355–385. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1316034>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Can, D. (2019). Mapping out Smart City Initiatives in the Turkish Context. Unpublished MSc Thesis. Middle East Technical University.
- Cappa, F., Franco, S., & Rosso, F. (2022). Citizens and cities: Leveraging citizen science and big data for sustainable urban development. *Business Strategy and the Environment*, 31(2), 648–667.

- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Chatterjee, S., Rana, N. P., Dwivedi, Y. K., & Baabdullah, A. M. (2021). Smart cities in developing economies: A literature review and research agenda. *Information Systems Frontiers*, 23(2), 419–444. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09975-4>
- Cowley, R. (2020). The cracks in smart city visions. *Urban Studies*, 57(8), 1593–1608. <https://doi.org/10.1177/0042098019834255>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Dawes, S. S., Vidasova, L., & Parkhimovich, O. (2016). Planning and designing open government data programs: An ecosystem approach. *Government Information Quarterly*, 33(1), 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.01.003>
- Doumpos, M., Zopounidis, C., & Grigoroudis, E. (2022). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (2nd ed.). Springer.
- Ekin, E., & Sarul, L. S. (2022). Investigation of smart city components by AHP-BWM-FUCOM and DEMATEL methods. *Alphanumeric Journal*, 10(2), 197–222. <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.1210018>
- Farooq, A., Stoilova, S., Ahmad, F., Alam, M., Nassar, H., Qaiser, T., Iqbal, K., Qadir, A., & Ahmad, M. (2021). An Integrated Multicriteria Decision-Making Approach to Evaluate Traveler Modes' Priority: An Application to Peshawar, Pakistan. *Journal of advanced transportation*, 2021(1), 5564286. <https://doi.org/10.1155/2021/5564286>
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., & Ahmad, F. (2019b). Multicriteria Evaluation of Transport Plan for High-Speed Rail: An Application to Beijing-Xiongan. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019(1), 8319432. <https://doi.org/10.1155/2019/8319432>
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., & Williams, E. J. (2019a). The Application of Smart Urban Mobility Strategies and Initiatives: Application to Beijing. *European Transport \ Trasporti Europei* (Trasporti Europe), 71, 1–22.
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., Ahmad, F., Guo, M., Williams, E. J., Gahlot, V. K., Yan, D. & Mahamat Issa, A. (2018). Transportation planning through GIS and multicriteria analysis: Case study of Beijing and XiongAn. *Journal of Advanced Transportation*, 2018(1), 2696037. <https://doi.org/10.1155/2018/2696037>
- Fetters, M. D., & Molina-Azorin, J. F. (2017). The journal of mixed methods research starts a new decade: Principles for bringing in the new and divesting of the old language of the field. *Journal of Mixed Methods Research*, 11(1), 3–10. <https://doi.org/10.1177/1558689816679996>

- Forman, E., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486. <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>
- Gil-García, J. R., Zhang, J., & Puron-Cid, G. (2016). Conceptualizing smartness in government: An integrative and multi-dimensional view. *Government Information Quarterly*, 33(3), 524–534.
- Granier, B., & Kudo, H. (2016). How are citizens involved in smart cities? Analysing citizen participation in Japanese “Smart Communities”. *Information Polity*, 21(1), 61–76.
- Greco, S., Ehrgott, M., & Figueira, J. R. (Eds.). (2019). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Springer.
- Grossi, G., & Welinder, A. (2024). Smart cities at the intersection of public governance paradigms for sustainability. *Urban Studies*, 61(10), 2011–2023. <https://doi.org/10.1177/00420980241227807>
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer-Verlag.
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. (2006). Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1525822X05282260>
- Katzenbach, C., & Ulbricht, L. (2019). Algorithmic governance. *Internet Policy Review*, 8(4), 1–18. <https://doi.org/10.14763/2019.4.1424>
- Kayan, A. (2019). Dijital çağda kent yönetimi için ortaya çıkan fırsatlar. *Sayıştay Dergisi*, (114), 53–73.
- Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8>
- Konya Büyükşehir Belediyesi. (2022). *Konya Akıllı Şehir Stratejisi ve Yol Haritası 2022–2030*. <https://akillisehir.konya.bel.tr>
- Lloret, Á., Peral, J., Ferrández, A., Auladell, M., & Muñoz, R. (2025). A Data-Driven Framework for Digital Transformation in Smart Cities: Integrating AI, Dashboards, and IoT Readiness. *Sensors*, 25(16), 5179. <https://doi.org/10.3390/s25165179>
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392–408. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>

- Mele, V., & Belardinelli, P. (2018). Mixed methods in public administration research: Selecting, sequencing, and connecting. *Public Administration Review*, 78(6), 828–837. <https://doi.org/10.1111/puar.12930>
- Mergel, I., Edelman, N., & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
- Mora, L., Bolici, R., & Deakin, M. (2017a). The first two decades of smart-city research: A bibliometric analysis. *Journal of Urban Technology*, 24(1), 3–27. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1285123>
- Mora, L., Deakin, M., & Reid, A. (2017b). Smart city development paths: Insights from the first two decades of research. *Cities*, 61, 1–13.
- Nam, T., & Pardo, T.A. (2011, June). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *Proceedings of the 12th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times* (pp. 282–291).
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>
- OECD. (2020a). *Digital government in Chile: Improving public service design and delivery*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/6664a8ec-en>
- OECD. (2020b). *The OECD Digital Government Policy Framework: Six dimensions of a digital government*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f64fed2a-en>
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Osborne, S. P. (2006). The new public governance?, *Public Management Review*, 8(3), 377–387. <https://doi.org/10.1080/14719030600853022>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H., & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: Exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & Quantity*, 52(4), 1893–1907. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0574-8>

- Sharma, M., Joshi, S., & Luthra, S. (2023). A hybrid fuzzy AHP-TOPSIS approach for implementation of smart waste management. *Sustainability*, 15(8), 6526. <https://doi.org/10.3390/su15086526>
- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2025). A review on key innovation challenges for smart city initiatives. *Smart Cities*, 7(1), 6. <https://doi.org/10.3390/smartcities7010006>
- Söderström, O., Paasche, T., & Klauser, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. *City*, 18(3), 307–320. <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906659>
- Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly*, 36(2), 368–383. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.008>
- Tan, S. Y., & Taeihagh, A. (2020). Smart city governance in developing countries: A systematic literature review. *sustainability*, 12(3), 899.
- Trindade, E. P., Hinnig, M. P. F., da Costa, E. M., Marques, J. S., Bastos, R. C., & Yigitcanlar, T. (2017). Sustainable development of smart cities: A systematic review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 3(3), 1-14.
- Tuğaç, Ç. (2023). Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma amaçlarının gerçekleştirilmesinde yapay zekâ uygulamalarının rolü. *Sayıştay Dergisi*, 34(128), 73–99. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1245051>
- Ünal, M., & Işıklar Alptekin, G. (2023). Using Multi-Criteria Decision-Making for Smart City Evaluation and Ranking. *Kent Akademisi*, 16(4), 2538–2552. <https://doi.org/10.35674/kent.1287759>
- United Nations – Habitat (2025). International Guidelines on People-Centred Smart Cities. https://unhabitat.org/sites/default/files/2025/02/international_guidelines_on_people_centred_smart_cities_10.02.25_shared.pdf
- United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- Vatamanu, A. F., & Tofan, M. (2025). Integrating artificial intelligence into public administration: Challenges and vulnerabilities. *Administrative Sciences*, 15(4), 149.
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial Intelligence and the Public Sector—Applications and Challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596–615. <https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103>
- Yapıcı Sapankaya, F. (2025). İklim Değişikliği ile Mücadelenin Stratejik Boyutu: Türkiye'deki Büyükşehir Belediyelerinin Stratejik Planları Üzerinden Bir İnceleme. *Sayıştay Dergisi*, 36(137), 289–320. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1647561>

- Yigitcanlar, T. (2015). Smart cities: An effective urban development and management model?. *Australian Planner*, 52(1), 27-34.
- Yigitcanlar, T., & Bulu, M. (2015). Dubaization of Istanbul: Insights from the knowledge-based urban development journey of an emerging local economy. *Environment and Planning A*, 47(1), 89-107.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., Da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable cities and society*, 45, 348-365.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>
- Ünal, M., & Alptekin, G. I. (2023). Using Multi-Criteria Decision-Making for Smart City Evaluation and Ranking. *Kent Akademisi*, 16(4), 2538-2552.
- Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2013). Multiple criteria decision aiding. Springer.
- Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Davis, C. (2014). Innovation with open data: Essential elements of open data ecosystems. *Information polity*, 19(1-2), 17-33.

AKILLI ŞEHİR YATIRIMLARI İÇİN VERİ ODAKLI KARAR VERME: STRATEJİK DİJİTAL YÖNETİŞİM İÇİN ÇOK KRİTERLİ BİR ÇERÇEVE

Musab Talha AKPINAR

Cem KORKUT

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Akıllı şehir yatırımlarının kamu yönetimi bağlamında stratejik olarak nasıl önceliklendirileceği, dijital dönüşüm süreçlerinin olgunluk düzeyini belirleyen temel bir yönetim sorunu haline gelmiştir. Bu çalışma, Konya Büyükşehir Belediyesi örneğinde, akıllı şehir girişimlerinin karar alma süreçlerine nasıl entegre edildiğini incelemek amacıyla hibrit bir Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS modeli geliştirmektedir. Araştırma, yarı yapılandırılmış görüşmeler, tematik analiz ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin birleşiminden oluşan açıklayıcı sıralı karma yöntem tasarımı dayanmaktadır. Bu yapı sayesinde hem nitel içgörülerin bağlamsal derinliği hem de AHP-TOPSIS modelinin sistematik değerlendirme kapasitesi bir araya getirilmektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında, Konya Büyükşehir Belediyesi'nde görev yapan akademisyenler, birim amirleri, orta kademe yöneticiler ve teknik uzmanlardan oluşan on dört kişiyle görüşmeler yapılmış ve yönetim önceliklerini belirleyen kriterler ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgular, akıllı şehir yatırımlarının değerlendirilmesinde maliyet etkinliği, teknik yeterlilik, entegrasyon kapasitesi, sürdürülebilirlik ve vatandaş etkisi olmak üzere beş ana kriterin belirleyici olduğunu göstermiştir. AHP analizi sonucunda bu kriterler arasında maliyet etkinliği (%30) ve teknik yeterlilik (%25) en yüksek ağırlıklara sahip olmuş; vatandaş odaklılık ve sürdürülebilirlik gibi normatif değerlerin ağırlığı ise %15 seviyesinde kalmıştır. Bu durum, literatürde sıkça vurgulanan "teknokratik yönetim eğilimi" ile uyumludur ve belediyelerin teknolojik çözümleri stratejik dönüşüm araçlarından ziyade operasyonel iyileştirme araçları olarak gördüklerini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın nitel bulguları, Konya örneğinde dijital yönetişimin kurumsal olgunluk düzeyini sınırlayan dört temel soruna işaret etmektedir: birimler arası veri bütünleşmesinin zayıf olması, yapay zekâ kapasitesinin sınırlı düzeyde bulunması, vatandaş katılım mekanizmalarının yüzeysel niteliği ve stratejik planların karar süreçlerine etkin biçimde yansıtılamaması. IoT sistemlerinden büyük ölçüde veri üretilmesine rağmen belediye genelinde bütünsel bir veri ambarının bulunmaması, analitik kapasitenin gelişimini engellemekte; karar verme süreçlerinde çoğu zaman sezgisel veya politik yönelimlerin öne çıkmasına neden olmaktadır. Benzer biçimde, yapay zekâ uygulamaları henüz pilot düzeydedir ve kurumsal ölçekte sürdürülebilir bir karar destek sistemine entegre edilmemiştir. Bu durum literatürde "kapasite-beklenti açığı" olarak tanımlanan olgunluk sorunuyla örtüşmektedir.

Vatandaş katılımı cephesinde ise geri bildirimlerin çoğunlukla şikâyet mekanizmalarına dayalı olması, katılımcı yönetim anlayışının henüz yerleşmediğini göstermektedir. Ortak tasarım laboratuvarları, dijital forumlar veya katılımcı bütçeleme gibi uygulamalar yaygın değildir ve bu nedenle karar süreçleri vatandaş perspektifinden sınırlı beslenmektedir. Stratejik planlarla mevcut uygulamalar arasındaki uyumsuzluk da yönetim literatüründe sıklıkla tartışılan "niyet-uygulama açığı"nın yerel bir yansımasıdır.

Çalışmanın nicel bölümünde, AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS modeline uygulanmış ve sekiz akıllı şehir bileşeni önceliklendirilmiştir. Sonuçlar, "Akıllı İnsan" ve "Akıllı Ekonomi" bileşenlerinin en yüksek önceliğe sahip

olduğunu; “Akıllı Çevre” ve “Akıllı Binalar” bileşenlerinin ise en düşük öncelikte kaldığını göstermiştir. Çevresel bileşenlerin düşük önceliklendirilmesi hem maliyet ve kapasite sınırlılıkları hem de Türkiye’de büyükşehir belediyelerinin stratejik planlarında sürdürülebilirlik hedeflerinin çoğu zaman ikincil düzeyde yer aldığı yönündeki araştırma bulgularıyla paralellik göstermektedir. Bu durum, çevresel yatırımların öneminin reddedilmesinden ziyade, daha görünür ve kısa vadede sonuç veren sosyal ve ekonomik projelerin öncelemesine dayalı bir sıralama mantığına işaret etmektedir.

Sonuç bölümünde, belediyelerin dijital yönetim kapasitelerini geliştirmek için üç temel politika alanına odaklanılması önerilmektedir: veri yönetimi, yapay zekâ destekli karar sistemleri ve katılımcı yönetim. Veri ambarı kurulması, birlikte işlerlik standartlarının benimsenmesi ve açık veri uygulamalarının kurumsallaştırılması ilk aşamada önceliklendirilmektedir. Yapay zekâ uygulamalarında ise etik gözetim mekanizmalarının, algoritmik şeffaflık standartlarının ve belediye personeline yönelik kapasite geliştirme programlarının gerekliliği vurgulanmaktadır. Vatandaş katılımının güçlendirilmesi için yaşayan laboratuvarlar, ortak tasarım platformları ve dijital meclisler gibi uygulamaların belediyelere rehberlik edebileceği belirtilmektedir.

Son olarak, çalışma gerek yöntemsel gerekse kuramsal açıdan stratejik açıdan “akıllı yönetim” tartışmalarına katkı sunmaktadır. AHP–TOPSIS modelinin yerel yönetimlerde şeffaf, hesap verebilir ve çok boyutlu bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği; nitel ve nicel verilerin birleştirildiği bu modelin karar alma süreçlerine nesnellik ve bütünlük kazandırdığı sonucuna varılmıştır. Konya örneği üzerinden yürütülen bu analiz, Türkiye bağlamındaki belediyelerin dijital dönüşüm yolculuklarına ışık tutmakta ve gelecekte karşılaştırmalı çalışmalar için güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır. Bu nedenle çalışma, teknolojik yatırımların yalnızca teknolojik “akıllılık” değil, aynı zamanda yönetimsel “stratejik akıllılık” perspektifiyle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

YÜKSEK DENETİM DÜNYASINDAN HABERLER

NEWS FROM SUPREME AUDIT WORLD



25. INTOSAI KONGRESİ VE ŞARM EL-ŞEYH DEKLARASYONU

25. INTOSAI CONGRESS AND SHARM EL-SHEIK DECLARATION

Semih ZENCİRKIRAN¹

GİRİŞ

Uluslararası Yüksek Denetim Kurumları Teşkilatı (INTOSAI) 25. Kongresi (25. INCOSAI), Mısır Sayıştayı ev sahipliğinde Şarm El-Şeyh'te gerçekleştirildi. 25. INCOSAI, INTOSAI üyesi Sayıştaylar ile birlikte Birleşmiş Milletler temsilcileri ve diğer uluslararası paydaş kuruluşların geniş katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Kongrede küresel finansal krizlerin etkileri ve dijital dönüşümün getirdiği yenilikler ışığında, INTOSAI'nin değişen dünyada daha etkin ve proaktif roller üstlenmesini sağlayacak tedbirler görüşülmüş ve kararlar alınmıştır.

Sonuç bildirgesi mahiyetindeki Şarm El-Şeyh Deklarasyonunda da ifade edildiği üzere, Kongrede bir araya gelen INTOSAI üyesi Sayıştaylar; Sayıştayların finansal ve ekonomik krizler sırasında, merkez bankaları ve mali denetim otoritelerinin denetiminde oynadığı hayati rolü teyit etmiş; merkez bankalarının etkin denetimi için Sayıştayların yasalarla açıkça tanımlanmış bir yetkiye ve potansiyel risklere dair bilgiye erişim hakkına sahip olmasının gerekliliğini vurgulamış; yapay zeka (YZ) kullanımını, denetimlerin verimliliğini ve doğruluğunu artıran kilit bir araç olarak kabul etmekle birlikte; bu kullanımın güvenilir, etik ve sorumlu bir çerçevede yürütülmesi gerektiğini belirtmiş; teknolojik verimlilik ile denetçi uzmanlığını birleştiren hibrit modellerin ve verilerin güvenli kullanımını sağlayan etkin yönetim çerçevelerinin önemini

1- Veri Analizi Grubu Başkanı, Sayıştay Başkanlığı, semihzencirkiran@sayistay.gov.tr.

Atıf/To Cite: Zencirkiran, S. (2025). 25. INTOSAI Kongresi ve Sharm El-Sheik Deklarasyonu. Sayıştay Dergisi, 36(139), 891-894.

kabul etmiş ve INTOSAI'nin bir sonraki Stratejik Planı'nın hazırlık çalışmalarını başlatarak kurumsal sürdürülebilirliğe yönelik idari ve mali kararları onaylamıştır.

1. İDARİ VE MALİ KARARLAR İLE YÖNETİM YAPISINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

25. Kongre, INTOSAI'nin kurumsal sürdürülebilirliğini temin etmek adına kritik öneme sahip idari ve mali dokümanları onaylamıştır. Bu çerçevede, örgütün 2026–2028 dönemini kapsayan üç yıllık bütçesi ile 2023–2025 dönemine ait Performans ve Hesap Verebilirlik Raporu Genel Kurul tarafından tasdik edilmiştir. Ayrıca INTOSAI'nin kurumsal kimliğinin muhafazası amacıyla, yeni logonun uluslararası fikri mülkiyet haklarının korunmasına yönelik tedbir önerileri kabul edilmiştir.

Kongre sürecinde; INTOSAI denetçileri tarafından hazırlanan raporlar ile Bölgesel Örgütler ve Amaç Komiteleri (Goal Committees) tarafından sunulan faaliyet raporları Kongre'nin bilgisine sunularak kayda geçirilmiştir. Teşkilatın hukuksal altyapısını tahkim etmek amacıyla Tüzük'te yapılan tadilatlar kabul edilmiş ve bir sonraki Stratejik Planı hazırlamak üzere özel bir görev gücü (task force) ihdas edilmiştir.

Yönetim yapısındaki rotasyon prensibi gereğince, Yönetim Kurulu üyeliklerinde yenilenmeye gidilmiştir. Bu kapsamda, bölgesel örgütleri temsilen atanan yeni üyeler Yönetim Kurulu bünyesine katılmış, 2028 yılındaki Kongre'nin ev sahibi Endonezya Sayıştay Yönetim Kurulu'ndaki yerini almıştır. Geleneksel bölgesel rotasyon ilkesi doğrultusunda, 2031 yılında düzenlenecek Kongre'nin ev sahibi olarak Suudi Arabistan belirlenmiştir. INTOSAI'nin dış denetimini gerçekleştirmek üzere, 2025–2027 dönemi için Ekvador ve Kore Cumhuriyeti Sayıştayları seçilmiştir.

2. MESLEKİ STANDARTLAR VE REHBERLERDEKİ GÜNCELLEMELER

Kamu denetiminin kalitesini ve etkinliğini artırmak gayesiyle, Uluslararası Yüksek Denetim Kurumları Standartları (ISSAI) ve rehberlik dokümanları (GUID) üzerinde yapılan revizyon çalışmaları Kongre'ye arz edilmiş ve onaylanmıştır. Öne çıkan mesleki gelişmeler şunlardır:

- SAI PMF (YDK Performans Ölçüm Çerçevesi): YDK'ların kurumsal performanslarını değerlendirmelerinde temel bir enstrüman olan SAI PMF'in güncellenmiş versiyonu kabul edilmiştir.

- ISSAI 140 (YDK'lar için Kalite Yönetimi): Kalite "kontrol" süreçlerinden, daha kapsayıcı bir "kalite yönetimi" yaklaşımına geçişi simgeleyen standart revizyon onaylanmıştır.
- ISSAI 100 ve ISSAI 2000: Kamu Sektörü Denetiminin Temel İlkeleri (ISSAI 100) ve Mali Denetim Standartlarının Uygulanması (ISSAI 2000) üzerindeki teknik revizyonlar kabul edilmiştir.
- GUID 5101: Dijitalleşen dünyada artan siber risklere karşı denetçilere metodolojik yol göstermek amacıyla hazırlanan "Bilgi Güvenliği Denetimi Rehberliği" sunulmuştur.

INTOSAI Kalkınma Girişimi (IDI) tarafından yürütülen PESA (YDK Denetçileri için Mesleki Eğitim) programı Kongre tarafından resmi olarak tanınmış; böylece INTOSAI bünyesinde akredite bir mesleki eğitim sertifikasyonu niteliği kazanmıştır.

3. KONGRENİN TEKNİK TEMALARI VE MÜZAKERE KONULARI

XXV. INCOSAI, idari kararların ötesinde, denetim mesleğinin geleceğini şekillendirecek iki ana teknik tema üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu temalar, önceden hazırlanan tartışma belgeleri (issues papers) ekseninde müzakere edilmiştir.

- Tema I: Finansal ve Ekonomik Krizlerde YDK'ların Rolü: Bu tema kapsamında, YDK'ların kriz dönemlerinde hükümet faaliyetlerini ve bilhassa merkez bankalarını denetlemedeki rolleri ele alınmıştır. Kriz yönetimi süreçlerinde hesap verebilirlik ile acil eylem gereklilikleri arasındaki dengenin tesisi ve denetim kurumlarının proaktif duruşu değerlendirilmiştir.
- Tema II: Denetimde Yapay Zeka Tekniklerinin Kullanımı: Teknolojik dönüşümün denetim süreçlerine entegrasyonu bağlamında; yapay zekanın (YZ) denetimde kullanımı, sunduğu verimlilik fırsatları ve barındırdığı potansiyel riskler çok boyutlu olarak analiz edilmiştir.

4. SONUÇ BİLDİRGESİ: ŞARM EL-ŞEYH DEKLARASYONU

Kongre süresince gerçekleştirilen teknik oturumlar ve müzakerelerin temel bulguları, Kongre'nin nihai mutabakat metni olan Şarm El-Şeyh Deklarasyonu ile kayıt altına alınmıştır. Deklarasyon, küresel denetim topluluğunun aşağıdaki hususlardaki müşterek iradesini yansıtmaktadır:

A. Merkez Bankalarının ve Mali Otoritelerin Denetimi

Deklarasyon, YDK'ların merkez bankalarını ve mali denetim otoritelerini denetlemede oynadığı hayati rolü teyit etmektedir. Etkin bir denetim faaliyeti için şu hususların zarureti vurgulanmıştır:

- **Yasal Yetki:** YDK'ların, merkez bankalarının ilgili faaliyetlerini etkin bir şekilde denetleyebilmesi için, yasal mevzuatla açıkça tanımlanmış bir yetkiye sahip olmaları şarttır.
- **Bilgiye Erişim:** Finansal sistemlere, halk sağlığına ve ulusal güvenliğe yönelik potansiyel riskler hakkında bilgiye tam ve zamanında erişimin sağlanması, denetim kalitesi açısından elzem görülmüştür.

B. Denetimde Yapay Zeka Kullanımı ve Etik Çerçeve

INTOSAI üyeleri, yapay zekayı denetimlerin verimliliğini ve doğruluğunu artıran, bulguların kalitesini yükselten ve tutarsızlıkları tespitinde kilit bir enstrüman olarak kabul etmiştir. Ancak bu kullanımın belirli sınırlar ve etik kurallar dahilinde olması gerektiği altı çizilmiştir:

- **Güvenilirlik ve Etik:** YZ kullanımı güvenilir, sorumlu ve etik ilkelere tam riayet çerçevesinde olmalı; profesyonel ve standardize edilmiş bir metodoloji ile uygulanmalıdır.
- **Hibrit Model:** Sadece teknolojiye dayalı bir yaklaşım yerine, yapay zekanın işlem gücünü denetçilerin mesleki yargı ve uzmanlığı ile birleştiren bir "hibrit model" (insan-makine iş birliği) kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır.
- **Yönetişim Çerçevesi:** Verilerin ve teknolojilerin sorumlu ve güvenli kullanımını teminat altına almak adına etkili bir yönetim çerçevesinin oluşturulması gerektiği belirtilmiştir.

SONUÇ

XXV. INCOSAI; aldığı stratejik kararlar ve yayımladığı Şarm El-Şeyh Deklarasyonu ile YDK'ların hem kriz dönemlerinde mali disiplin ve hesap verebilirliğin teminatı olma rolünü pekiştirmiş, hem de dijital çağın gerekliliklerine uyum sağlama konusundaki kararlılığını ortaya koymuştur. Endonezya (2028) ve Suudi Arabistan (2031) ev sahipliğinde gerçekleşecek gelecek kongreler için çizilen yol haritası, denetim mesleğinin küresel ölçekte standardizasyonu ve modernizasyonu adına güçlü bir zemin teşkil etmektedir.



TÜRK DEVLETLERİ YÜKSEK DENETİM KURUMLARI BİRLİĞİ (TURKSAT) KURULDU

THE ORGANISATION SUPREME AUDIT INSTITUTIONS OF TURKIC STATES (TURKSAT) HAS BEEN ESTABLISHED

Anıl Şenol UZUN¹

GİRİŞ

Türk Devletlerinin yüksek denetim kurumları arasındaki kurumsal iş birliğini güçlendirme yönünde sürdürülen çalışmalar, 21-23 Kasım 2025 tarihlerinde İstanbul'da düzenlenen toplantı ile somut bir yapıya kavuşmuştur. Türkiye, Azerbaycan, Kazakistan, Kırgızistan ve Özbekistan Yüksek Denetim Kurumu başkanları ve yetkililerinin katılımıyla gerçekleştirilen toplantıda, Türk Devletleri Yüksek Denetim Kurumları Birliği (TURKSAT) resmen kurulmuştur. Kuruluş Deklarasyonu, 22 Kasım 2025 tarihinde imzalanmıştır.

Toplantı, Sayıştay Başkanı Sayın Metin YENER'in açılış konuşmalarıyla başlamış, ardından delegasyon başkanları ile Türk Devletleri Teşkilatı (TDT) Genel Sekreteri Kubanychbek OMURALIEV'in selamlama konuşmalarıyla devam etmiştir.

ORTAK GEÇMİŞTEN ORTAK GELECEĞE

Konuşmasına, medeniyetlerin kavşağı olan İstanbul'da katılımcıları ağırlamaktan ve böylesine anlamlı bir toplantıya ev sahipliği yapmaktan büyük onur duyduğunu ifade ederek başlayan Sayıştay Başkanı Sayın Metin YENER, TURKSAT'nin yalnızca yeni bir birlik değil, aynı zamanda Türk dünyasının denetim alanındaki dayanışmasını güçlendirecek stratejik bir adım olduğunu ifade etti.

1- Uzman Denetçi, Sayıştay Başkanlığı Uluslararası İlişkiler Grubu, senol.uzun@sayistay.gov.tr

Atıf/To Cite: Uzun, A.Ş. (2025). Türk Devletleri Yüksek Denetim Kurumları Birliği (TURKSAT) Kuruldu. Sayıştay Dergisi, 36(139), 895-896.

Konuşmasında, 21. yüzyıldaki hızlı dönüşümün devletlerin işleyişinden kamu yönetiminin ihtiyaçlarına, denetim mekanizmalarından vatandaş beklentilerine kadar birçok alanı yeniden şekillendirdiğini belirten Sayın YENER, yüksek denetim kurumlarının da bu küresel dönüşümün içinde aktif rol üstlenmesi gerektiğini vurguladı.

Kamu kaynaklarının etkili, verimli ve hukuka uygun kullanımı hususunda verilecek güvence ile Türk devletlerini geleceğe güçlü bir şekilde taşımak için ortak denetim perspektifinin geliştirilmesinin artık bir zorunluluk olduğunu belirten Sayın YENER, bu amaç doğrultusunda yüksek denetim kurumları arasındaki iş birliğinin ve yüksek denetim kurumları arasındaki entegrasyonun güçlenmesinin büyük önem taşıdığını belirterek ortak hareket etmenin önemini vurgulamıştır.

TURKSAI'NİN KURULUŞU: KURUMSAL BİR VİZYON

Türk devletleri yüksek denetim kurumları arasındaki kurumsal iş birliğini sürekli kılmak amacıyla kurulmasına karar verilen TURKSAI;

- Ortak denetimlerin yürütülmesi, denetim metodolojilerinin geliştirilmesi ve eğitim faaliyetlerinin yaygınlaştırılması,
- Araştırma projeleri ve bilgi paylaşımı,
- INTOSAI standartlarına uygun denetim yaklaşımlarının bölgesel düzeyde güçlendirilmesi gibi alanlarda faaliyet gösterecektir.

TÜRK SAYIŞTAYI İLK DÖNEM BAŞKANLIĞINA SEÇİLDİ

İmza töreninin ardından gerçekleştirilen toplantıda, tüm ülke Sayıştay Başkanlarının ortak teklifi ile Türk Sayıştayı 3 yıl süreyle TURKSAI'nin birinci dönem başkanlığına seçilmiştir. Toplantıda ayrıca TURKSAI'nin kurumsallaşması ve verimliliğinin artırılması amacıyla birçok konuda ortak çalışma grupları kurulmasına; ayrıca yapay zekâ, büyük veri analizi, bilişim sistemleri denetimi ile tarımsal üretim ve kaynak kullanımının denetimi gibi alanlarda düzenli olarak ortak eğitim programları ve konferanslar gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

SONUÇ

TURKSAI'nin kuruluşu, Türk Devletleri arasında yüksek denetim alanında yeni bir dönemin başlangıcına işaret etmektedir. Yüksek denetim kurumları arasındaki iş birliğinin güçlenmesi; devletlerin refahına ve ortak geleceğin sağlam temellere oturmasına katkı sağlayacağı gibi, Türk dünyasının yüksek denetim kapasitesini güçlendirecek ve bölgesel ve küresel denetim arenasında görünürlüğünü artıracaktır.

SAYIŞTAY KARARLARI

DECISIONS OF TURKISH COURT OF ACCOUNTS

Temyiz Kurulu Kararları

Decisions of Board of Appeal



TEMYİZ KURULU KARARI

Tarih : 02.07.2025

No : 58179

Konu: Tasarruf hakkı hukuken devredilemez nitelikte olan taşınmazların Belediye şirketine devri sonucu Belediye tarafından gerçekleştirilmesi gereken kira tahsilatlarının şirket tarafından yapılması suretiyle kamu zararına neden olunması hk.

Dosyada mevcut bilgi ve belgelerin okunup incelenmesi sonucunda;

GEREĞİ GÖRÜŞÜLDÜ:

54 sayılı İlamın 11'inci maddesiyle, Tasarruf hakkı mevcut hali ile hukuken devredilemez nitelikte olan taşınmazların, Belediye şirketine devrinin yapılması sonucu Belediye tarafından gerçekleştirilmesi gereken kira tahsilatlarının şirket tarafından yapılması suretiyle oluşan toplam ... TL kamu zararının sorumlularına ödettilmesi kararı verilmiştir.

Esas yönünden inceleme

5393 sayılı Belediye Kanunu'nun "Meclisin görev ve yetkileri" başlıklı 18'inci maddesinin (i) bendinde;

"... Bütçe içi işletme ile 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu'na tâbi ortaklıklar kurulmasına veya bu ortaklıklardan ayrılmaya, sermaye artışına ve gayrimenkul yatırım ortaklığı kurulmasına karar vermek. ..." hükmü bulunmaktadır.

6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu'nun "Sermaye koyma borcu" ana başlığı altında bulunan 128'inci maddesinde;

"...Taşınmaz mülkiyetinin veya diğer aynı bir hakkın sermaye olarak konulması hâlinde, şirketin bunlar üzerinde tasarruf edebilmesi için tapu siciline tescil gereklidir." hükmü,

Aynı Kanun'un "Aynı sermaye" ana başlığı altında bulunan "Aynı sermaye konulabilecek malvarlığı unsurları" başlıklı 342'nci maddesinde;

"Üzerlerinde sınırız aynı bir hak, haciz ve tedbir bulunmayan, nakden değerlendirilebilen ve devrolunabilen, fikrî mülkiyet hakları ile sanal ortamlar da dâhil, malvarlığı unsurları aynı sermaye olarak konulabilir. Hizmet edimleri, kişisel emek, ticari itibar ve vadesi gelmemiş alacaklar sermaye olamaz." hükmü,

Aynı Kanun'un "Değer biçme" başlıklı 343'üncü maddesinde;

"Konulan aynı sermaye ile kuruluş sırasında devralınacak işletmelere ve aynılara, şirket merkezinin bulunacağı yerdeki asliye ticaret mahkemesince atanan bilirkişilerce değer biçilir. Değerleme raporunda, uygulanan değerlendirme yönteminin somut olayın özgüleri bakımından herkes için en adil ve uygun seçim olduğu; sermaye olarak konulan gerçekliğinin, geçerliğinin ve 342'nci maddeye uygunluğunun belirlediği, edilebilirlikleri ile tam değerleri; aynı olarak konulan her varlık karşılığında gereken pay miktarı ile Türk Lirası karşılığı, tatmin edici gerekçelerle ve hesap verme ilkesinin icaplarına göre açıklanır. Bu rapora kurucular (...) ve menfaat sahipleri itiraz edebilir. Mahkemenin onayladığı bilirkişi kararı kesindir."

Hükmü yer almaktadır.

4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun "İntifa hakkı" ana başlığı altında bulunan "Konusu" alt başlıklı 794'üncü maddesinde;

"İntifa hakkı, taşınırlar, taşınmazlar, haklar veya bir malvarlığı üzerinde kurulabilir.

Aksine düzenleme olmadıkça bu hak, sahibine, konusu üzerinde tam yararlanma yetkisi sağlar."

Aynı Kanun'un "Kurulması" başlıklı 795'inci maddesinde;

"İntifa hakkı, taşınırlarda zilyetliğin devri, alacaklarda alacağın devri, taşınmazlarda tapu kütüğüne tescil ile kurulur. Taşınır ve taşınmazlarda intifa hakkının kazanılması ve tescilinde, aksine düzenleme olmadıkça, mülkiyete ilişkin hükümler uygulanır."

hükümlerine yer verilmiştir.

Mevzuat hükümlerinden anlaşılabacağı üzere, Belediyelerin iştiraklerine, aynı sermaye olarak taşınmazlarının intifa haklarını devredilmesi için talep

edilen aynı sermaye artışının kabulüne ilişkin meclis kararının bulunması, bedel tespit davası neticesinde Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden intifa hakkının tescili için Tapu Müdürlüğüne başvuru yapılması ve tapuya tescil işleminin gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu sayılan unsurlar, hakkın doğması için asli şartlardır.

Fiili durum

1) 07.09.2021 tarih ve 87 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile Mahallesinde bulunan ve tapuda 21877 ada 1 parsel numarasında m2 yüzölçümü ile kayıtlı, İmar Planında "Rekreasyon Alanı" olarak ayrılan taşınmaz için Karşıyaka Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Bunu müteakip Asliye Ticaret Mahkemesinin sayılı kararında 10 yıllık intifa hakkı değeri TL olarak tespit edilmiştir. Ancak söz konusu taşınmazın üzerinde haciz ve tedbir şerhi bulunduğundan Medeni Kanun'un 794'üncü maddesi gereği intifa hakkının tapuya tescil edilebildiğinden intifa hakkı kurulması mümkün değildir. Mevzuatın öngördüğü şartlar gerçekleşmediği halde, mezkûr taşınmaza intifa hakkı tesisi için Belediye tarih ve sayılı yazı ile Tapu Müdürlüğüne talepte bulunmuştur. Tapu kayıtlarında haciz şerhi olması neticesinde intifa hakkı tescil edilememiştir. Buna rağmen taşınmazın tasarrufu, mevzuatta belirtilen gerekli şartlar gerçekleşmediği halde ... Şirketine devredilmiştir. Bunu müteakip taşınmaz şirket tarafından 01.09.2022 tarihinde 3. kişiye kiraya verilmiştir. Bu kiralama neticesinde, 2022 yılı içerisinde toplam TL (KDV dahil) kira tahsilatının yapıldığı anlaşılmaktadır.

2) 04.11.2021 tarih ve 131 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan ve tapunun parsel numarasında kayıtlı, m2 alanlı taşınmazın üzerinde bulunan 606,00 m2 alanlı kreş olarak kullanılan bina için Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Bunu müteakip Asliye Ticaret Mahkemesinin sayılı kararında, kreş olarak kullanılan bina için 10 yıllık intifa hakkı değeri TL olarak tespit edilmiştir. Söz konusu taşınmazın üzerinde haciz ve tedbir şerhi bulunduğundan ve Türk Medeni Kanunu'nun 794'üncü maddesi gereği intifa hakkının tapuya tescil edilemediğinden intifa hakkı kurulması mümkün değildir. Mevzuatın öngördüğü şartlar gerçekleşmediği halde mezkûr taşınmaza intifa hakkı tesisi için Belediye tarih ve sayılı yazı ile Tapu Müdürlüğüne talepte

bulunmuştur. Tapu kayıtlarında haciz şerhi olması neticesinde intifa hakkı tescil edilememiştir. Buna rağmen taşınmazın tasarrufu, mevzuatta belirtilen gerekli şartlar gerçekleşmediği halde ... Şirketine devredilmiştir. Bunu müteakip taşınmaz şirket tarafından tarihinde 3. kişiye kiraya verilmiştir. Bu kiralama neticesinde 2022 yılı içerisinde toplam TL (KDV dahil) kira tahsilatının yapıldığı anlaşılmaktadır.

3) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile Mahallesi 22173 ada I parselde kayıtlı taşınmaz üzerinde ve adresinde bulunan m² alanlı çay ocağı için Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu çay ocağının bulunduğu ana taşınmazın tapu kaydında amme alacağı kapsamında üzerinde haciz ve tedbir şerhi olmasından ötürü, intifa hakkının tescili mümkün bulunmamaktadır. Bu nedenle aynı olması ve şirkete devri mümkün değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile "kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi" bildirilmiştir. Bunu müteakip taşınmaz, şirket tarafından 17.10.2022 tarihinde 3. kişiye kiraya verilmiştir. Bu kiralama neticesinde 2022 yılı içerisinde toplam TL (KDV dahil) kira tahsilatının yapıldığı anlaşılmaktadır.

4) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan işyeri için Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği' bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu taşınmaz tasarrufu belediyeye ait kamuya terkli alan olup mahkemece bedel tespit kararı olmadan intifa hakkı tesis edilmesi, aynı sermayeye konu olması ve şirkete devri mümkün değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Asliye Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile "kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi" bildirilmiştir.

Bununla birlikte, ... Belediyesi ve ... Şirketi kayıtlarında yapılan incelemede kiracı ile birlikte devredilen taşınmaz ile ilgili kira tahakkukuna veya tahsilatına ilişkin herhangi bir bilgiye ya da veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır.

5) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan büfe için Asliye Ticaret Mahkemesi'nin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu taşınmaz tasarrufu belediyeye ait kamuya terkli alan olup mahkemece bedel tespit kararı olmadan intifa hakkı tesis edilmesi, aynı sermayeye konu olması ve şirkete devri mümkün değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Asliye Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile "kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi" bildirilmiştir.

Bununla birlikte, ... Belediyesi ve ... Şirketi kayıtlarında yapılan incelemede kiracı ile birlikte devredilen taşınmaz ile ilgili kira tahakkukuna veya tahsilatına ilişkin herhangi bir bilgi ve veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır.

6) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan büfe, halı saha ve sosyal tesisler için Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu taşınmaz tasarrufu belediyeye ait kamuya terkli alan olup mahkemece bedel tespit kararı olmadan intifa hakkı tesis edilmesi, aynı sermayeye konu olması ve şirkete devri mümkün değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Asliye Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile "kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi" bildirilmiştir.

Bununla birlikte, ... Belediyesi ve ... Şirketi kayıtlarında yapılan incelemede kiracı ile birlikte devredilen taşınmaz ile ilgili kira tahakkukuna veya tahsilatına ilişkin herhangi bir bilgi ve veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır.

7) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan dükkân için Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımına esas olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu taşınmazın tapu kaydında amme alacağı kapsamında üzerinde haciz ve tedbir şerhi olmasından ötürü intifa hakkının tescili mümkün bulunmamaktadır. Bu nedenle aynı sermayeye konu olması, intifa hakkı tesis edilmesi ve şirkete devri mümkün değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Asliye Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile

“kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi” bildirilmiştir. Bununla birlikte, ... Belediyesi ve ... Şirketi kayıtlarında yapılan incelemede kiracısı ile birlikte devredilen taşınmaz ile ilgili kira tahakkukuna veya tahsilatına ilişkin herhangi bir bilgi ve veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır.

8) 07.09.2022 tarih ve 80 sayılı ... Belediyesi Meclis Kararı ile adresinde bulunan büfe için Karşıyaka Asliye Ticaret Mahkemesinin belirleyeceği bedel üzerinden 10 yıllık intifa hakkının sermaye artırımı olmak üzere ... Şirketine verilmesi kararlaştırılmıştır. Söz konusu taşınmaz tasarrufu belediyeye ait kamuya terkli alan olup mahkemece karar olmadan intifa hakkı tesis edilmesi, aynı sermayeye konu olması ve şirkete değildir. Ancak, gerekli usul şartı olan Asliye Ticaret Mahkemesi kararı beklenmeksizin ... Belediyesi tarafından ... Şirketine hitaben yazılan tarih ve sayılı yazı ile “kiralama işlemlerinin şirket tarafından takip edilmesi” bildirilmiştir.

Bununla birlikte, ... Belediyesi ve ... Şirketi kayıtlarında yapılan incelemede, kiracısı ile birlikte devredilen taşınmaz ile ilgili kira tahakkukuna veya tahsilatına ilişkin herhangi bir bilgi ve veriye ulaşılamadığı anlaşılmaktadır.

Fili durum ile ilgili değerlendirme

Yukarıda belirtilen 1’inci, 2’nci ve 3’üncü numaralı taşınmazların intifa hakları tapuya tescil edilemediğinden hakların Şirket lehine doğmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle tasarruf hakkı, hukuken şirkete devredilemez nitelikte olduğundan Belediye tarafından yapılması gereken kira tahsilatlarının şirket tarafından yapılması sonucu, belediye kira gelirinden mahrum kalmıştır. Bu durum, 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu’nun “Kamu Zararı” başlıklı 71’inci maddesi (e) bendi hükmü uyarınca kamu zararıdır.

Yukarıda 4’ncü, 5’nci, 6’ncı, 7’nci ve 8’nci maddelerde sayılan taşınmazların aynı sermayeye konu olabilmesi ve şirkete devrinin gerçekleşebilmesi için mevzuatta öngörülen hukuki süreçlerin tamamlanmadığı görüldüğünden taşınmazların tasarruf hakları, ... Şirketi lehine doğmayacaktır.

Diğer taraftan, Şirketin üçüncü kişilere yaptığı kiralamaların belediye kaynaklarında artışa engel olduğu anlaşılmakla birlikte; Daire İlam hükmünde, 2022 yılı kira tahsilatına ilişkin bilgi ve belgelere ulaşılamadığından, kamu zararı hesabının yapılamadığı da anlaşılmaktadır.

Temyiz dilekçesinde “tahsilat” işlemleri ile ilgili beyanatın incelenmesi:

Sorumlu tarafından sunulan temyiz dilekçesinin 6’ncı maddesinde;

“Kurul tarafından da takdir edileceği üzere, gerek ecrimisil tahsilatı ve gerekse bunların faizine dair tahsilatların, temyize konu ettiği 5. Daire kararında belirtilen kamu zararının ortadan kalkmasını sağlayacak tahsilatlar olduğu”, şeklinde ifadelere yer verilmiş olmasına rağmen,

Dilekçe ekinde, Kimlik belgesi (Nüfus Cüzdanı) dışında, kamu zararının ortadan kalkmasını sağlayacak tahsilatlara dair herhangi bir kanıtlayıcı belge (dekont, muhasebe alındısı/fişi, tahsilat makbuzu vs ve de bunların Belediyenin muhasebe kayıtlarına dahil edildiğini gösterir Muhasebe İşlem Fişi) mevcut değildir.

Bu itibarla, ... Belediyesi tarafından tahsil edilmesi gerekirken ... Şirketi tarafından Mahallesinde bulunan ve tapuda ile kayıtlı, İmar Planında “Rekreasyon Alanı” olarak ayrılan taşınmaz, adresinde bulunan ve tapunun Mahallesi numarasında kayıtlı, m2 alanlı taşınmazın üzerinde bulunan m2 alanlı kreş olarak kullanılan bina ve adresinde bulunan m2 alanlı çay ocağı için, tahsil edilen kira gelirleri dolayısıyla oluşan toplam ... TL kamu zararının sorumlularına ödettirilmesi yönünde 54 sayılı İlamin 11’inci maddesiyle verilen tazmin hükmünün TASDİKİNE,

TEMYİZ KURULU KARARI

Tarih : 16.07.2025

No : 58224

Konu: Üniversitede daire başkanı kadrosunda görev yapan personele mevzuatında öngörülmediği halde makam ve görev tazminatı ödenmesinin kamu zararına sebebiyet verdiği hk.

Dosyada mevcut bilgi ve belgelerin okunup incelenmesi sonucunda;

GEREĞİ GÖRÜŞÜLDÜ:

6 no.lu ilamın 1. maddesi ile, Üniversitede daire başkanı kadrosunda görev yapan personele mevzuatında öngörülmediği halde makam ve görev tazminatı ödenmesi neticesinde oluşan toplam TL kamu zararının sorumlulara ödettirilmesi kararına ilişkin olarak,

657 sayılı Devlet Memurları Kanunu'nun Ek 26'ncı maddesinin (a) fıkrasında;

"Bu Kanuna ekli IV sayılı cetvelde unvanları yazılı görevlerde bulunanlara hizmetlerinde gösterilen gösterge rakamlarının memur aylıklarına uygulanan katsayı ile çarpımı sonucu bulunan miktarda makam tazminatı ödenir..."

Anılan Kanuna ekli IV sayılı Makam Tazminatı Cetvelinin 7'nci sırasında ise;

"Birinci dereceli kadroya atanmış olmak şartıyla; Başbakanlık, Bakanlık, Müsteşarlık, Kurum Başkanlığı ve Müstakil Genel Müdürlüklerin merkez teşkilatı Daire Başkanı, Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı Daire Başkanı, kadrolarına atananlar (Bütçe Dairesi Başkanı dahil), Millî Eğitim Bakanlığı Grup Başkanı, Gelir İdaresi Grup Başkanı, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanı, Milli Güvenlik Kurulu Genel Sekreterliği 1. Hukuk Müşaviri, Daire Başkanı ve Grup Başkanı, Milli Kütüphane Başkan Yardımcısı, Bölge Müdürleri (Kamu İktisadi Teşebbüsleri, Belediyeler ve bunlara bağlı kurum ve kuruluşlar hariç), Üniversite Genel Sekreterleri, Din işleri Yüksek Kurulu Sekreteri Diyanet İşleri Başkanlığı Dinî Yüksek İhtisas Merkezi Müdürü"

Denilmektedir.

Diğer taraftan, 375 sayılı Kanun Hükmünde Kararname'nin l'inci maddesinin (C) fıkrasında; "[A] bendi kapsamına giren ve temsil tazminatı almayan personelden, 7.000'den daha düşük göstergeler üzerinden makam veya yüksek hakimlik tazminatı öngörülen kadrolara atanmış olanlara, 15.000 gösterge rakamını geçmemek üzere Cumhurbaşkanınca tespit edilecek gösterge rakamlarının memur aylıklarına uygulanan katsayı ile çarpımı sonucunda bulunacak miktarda görev tazminatı ödenir." Denilmektedir.

Yukarıda yer verilen mevzuat hükümlerine göre 657 sayılı Kanun'un Ek 26'ncı maddesi gereğince anılan Kanuna ekli IV sayılı Cetvelde unvanları yazılı görevlerde bulunanlara makam tazminatı ödenmesi mümkün olduğundan ve anılan Cetvelde üniversitelerde görevli Daire Başkanlarının yer almadığı görüldüğünden, söz konusu personele makam ve görev tazminatı ödenmesi mümkün değildir.

Sorumlular savunmalarında; 657 sayılı Kanuna ekli IV sayılı cetvelin 7'nci sırasında yer alan "... Milli Güvenlik Kurulu Genel Sekreterliği 1. Hukuk Müşaviri, Daire Başkanı" ibaresindeki "Daire Başkanı" unvanı için herhangi bir kurum veya il koşulu getirilmediği, burada yer alan "Daire Başkanı" ibaresinden bütün daire başkanlarının anlaşılması gerektiğini; diğer kurumların daire başkanlarının da makam tazminatı aldığını, sadece üniversitelerin daire başkanlarının makam tazminatı almadığını ifade etmişlerdir.

Yukarıda belirtilen mevzuat hükümlerine göre; anılan cetvelde Bakanlık, Müsteşarlık, Kurum Başkanlığı ve Müstakil Genel Müdürlüklerin merkez teşkilatı Daire Başkanı kadrolarına atanan kamu görevlilerinin makam tazminatı alabileceği düzenlemesine yer verildikten sonra Milli Güvenlik Kurulu Genel Sekreterliği 1. Hukuk Müşaviri, Daire Başkanı ve Grup Başkanı kadrolarında görev yapan personelin makam tazminatı alabileceği belirtilmiştir. Dolayısıyla düzenlemede amaçlanan, savunmada dile getirilenin aksine Milli Güvenlik Kurulu Genel Sekreterliğinde görev yapan Daire Başkanlarının makam tazminatı almasıdır. Kaldı ki Cetvelde Üniversite Genel Sekreterlerinin makam tazminatı alacak kadrolar arasında sayılmış olup Üniversite Daire Başkanlarının sayılmaması, kanun koyucunun iradesini bu yönde kullandığına işaret etmektedir.

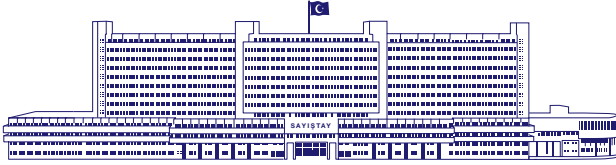
Sorumlar savunmalarında diğer daire başkanlarının makam tazminatı aldığını; kanunun amaçsal yorumuyla kıyasen bu tazminatı alabileceğini ifade etseler de yasa maddesinin lafzının açık olduğu durumlarda kıyas ve yorum yapılamaz. T.C. Anayasası'nın 128'inci maddesinin ikinci fıkrasında yer alan; "Memurların ve diğer kamu görevlilerinin nitelikleri, atanmaları, görev ve yetkileri, hakları ve yükümlülükleri, aylık ve ödenekleri ve diğer özlük işleri kanunla düzenlenir." hükmü gereğince, kamu görevlilerine aylıkları ile aylık unsurları dışında kalan diğer ödemelerin yapılabilmesi için bu tür ödemelere ilişkin bir kanuni düzenlemenin mevcut olması gerekmektedir. Bu çerçevede mezkûr meri mevzuata göre, üniversitede daire başkanı kadrosunda görev yapan personele makam ve görev tazminatı ödenmesi mümkün değildir.

Nitekim, konuya ilişkin olarak Yükseköğretim Kurulu Başkanlığınca tüm devlet üniversitelerine gönderilen 09/10/2023 tarihli ve E-45516914-045.02-2501495 sayılı Hazine ve Maliye Bakanlığı görüş yazısında da ilamda belirtilen aynı gerekçelerle, üniversitelerde görev yapan Daire Başkanlarına makam ve görev tazminatı ödenmesine imkân bulunmadığı belirtilmektedir.

Sorumlular savunmalarında Sayıştay Genel Kurulu'nun 2011/1 Esas, 5333/1 Karar numaralı ve 01.12.2011 tarihli kararından söz ederek diğer kamu kurumlarının daire başkanlarına uygulanan yasanın kıyasen üniversite daire başkanlarına da uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Söz konusu karar, Büyükşehir Belediyelerinde faaliyet gösteren Su ve Kanalizasyon İdarelerinde görevli Daire Başkanları ile 1. Hukuk Müşavirlerine makam ve görev tazminatı ödenmesi hakkında Sayıştay Genel Kurulu İçtihadı Birleştirme Kararı olup belediyelere bağlı idarelere ilişkin olan bu kararın, mevzuatı ve statüsü tamamen farklı olan üniversitelere teşmil ettirilmesi mümkün değildir.

Bu itibarla, sorumluların iddiaları reddedilerek, 6 no.lu ilamın 1. maddesi ile, Üniversitede daire başkanı kadrosunda görev yapan personele mevzuatında öngörülmediği halde makam ve görev tazminatı ödenmesi neticesinde oluşan toplam ... TL'ye verilen tazmin hükmünün TASDİKİNE,

Karar verildi.



T.C.

SAYIŞTAY BAŞKANLIĞI

Sayıştay Dergisi Editörlüğü

06520 Balgat/ANKARA

dergi@sayistay.gov.tr

ISSN: 1300-1981 eISSN: 2651-351X