



**DİJİTALLEŞMENİN
HAVACILIK İŞLETMELERİNE ETKİLERİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ
Yüksek Lisans Tezi
Melike PEYNİRCİER
Eskişehir 2025**

**DİJİTALLEŞMENİN HAVACILIK İŞLETMELERİNE ETKİLERİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Melike PEYNİRCİER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kasım 2025

25/11/2025

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Melike PEYNİRCİER'in "Dijitalleşmenin Havacılık İşletmelerine Etkileri: Türkiye Örneği" başlıklı tezi 25/11/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Havacılık Yönetimi Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Üye (Tez Danışmanı)

Üye

Üye

Unvanı Adı Soyadı

: Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN

: Doç. Dr. Mahmut BAKIR

: Dr. Öğr. Üyesi Gamze ORHAN

İmza

Prof. Dr. Harun BÖCÜK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm yüksek lisans ęrencisi Melike PEYNİRCİER, “Dijitalleşmenin Havacılık İşletmelerine Etkileri: Türkiye Örneği” başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Daniřmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN

ÖZET

DİJİTALLEŞMENİN HAVACILIK İŞLETMELERİNE ETKİLERİ:

TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Melike PEYNİRCİER

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kasım 2025

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN

Bu çalışma, dijitalleşmenin havacılık işletmeleri üzerindeki etkilerini nitel araştırma yöntemiyle incelemektedir. İç içe geçmiş tek durum deseni kapsamında gerçekleştirilen araştırmada, Türk Hava Yolları (THY), İstanbul Havalimanı (İGA) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) örneklem olarak ele alınmıştır. Veri toplama sürecinde yarı yapılandırılmış görüşme yönteminden yararlanılmış; elde edilen veriler tematik analiz ile değerlendirilmiştir.

Bulgular, dijitalleşmenin yalnızca teknik altyapı ve maliyet verimliliği ile sınırlı kalmadığını; aynı zamanda organizasyonel yapıların yeniden şekillenmesine, insan kaynaklarının dijital yetkinlikler temelinde dönüşmesine, müşteri memnuniyeti ve rekabet gücünün artmasına katkı sağladığını ortaya koymuştur. THY’de dijital dönüşüm, uçuş operasyonları, bakım-onarım ve müşteri hizmetlerinde verimliliği artırırken; İGA’da akıllı havalimanı uygulamaları, veri odaklı yönetim sistemleri ve yapay zekâ destekli süreçlerle operasyonel sürdürülebilirliği güçlendirmiştir. DHMİ’de ise dijitalleşme; hava trafik yönetimi, siber güvenlik, uzaktan kule sistemleri ve elektronik seyrüsefer altyapılarının yenilenmesi gibi alanlarda kurumsal kapasiteyi geliştirmiştir.

Araştırma sonuçları, dijital çözümlerin sürdürülebilirlik ve uzun vadeli stratejik hedeflerle bütünleştiğini; ancak yüksek yatırım maliyetleri, entegrasyon zorlukları ve siber güvenlik risklerinin sürecin temel problemlerini oluşturduğunu göstermektedir. Dijitalleşmenin havacılık işletmelerinde yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda kurumsal kültür ve stratejik yönetim anlayışında köklü bir dönüşüm oluşturduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Havacılık sektörü, Türk hava yolları, İstanbul havalimanı, Devlet hava meydanları işletmesi

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIGITALIZATION ON AVIATION BUSINESSES: THE CASE OF TURKEY

Melike PEYNIRCIER

Department of Aviation Management

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, November 2025

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali Emre SARILGAN

This study examines the effects of digitalization on aviation companies using qualitative research methods. Conducted within an embedded single case study design, the research focuses on Turkish Airlines, Istanbul Airport, and General Directorate of State Airports Authority as sample cases. Semi-structured interviews were used in the data collection process, and the data obtained were evaluated using thematic analysis.

The findings reveal that digitalization is not limited to technical infrastructure and cost efficiency; it also contributes to the reshaping of organizational structures, the transformation of human resources based on digital competencies, and increased customer satisfaction and competitiveness. At Turkish Airlines, digital transformation has increased efficiency in flight operations, maintenance, and customer services, while at Istanbul Airport, smart airport applications, data-driven management systems, and AI-supported processes have strengthened operational sustainability. At General Directorate of State Airports Authority, digitalization has developed institutional capacity in areas such as air traffic management, cyber security, remote tower systems, and the renewal of electronic navigation infrastructure.

The research results show that digital solutions are integrated with sustainability and long-term strategic goals; however, high investment costs, integration difficulties, and cybersecurity risks constitute the fundamental problems of the process. It is evident that digitalization in aviation businesses is not merely a technological innovation but also constitutes a fundamental transformation in corporate culture and strategic management understanding.

Keywords: Digitalization, Aviation sector, Turkish airlines, Istanbul airport, General directorate of state airports authority

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Melike PEYNİRCİER

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca bana yol gösteren, değerli katkıları ve akademik desteğiyle sürece ışık tutan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının hazırlanma sürecinde her zaman yanımda olan, desteğini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Özellikle ablam Mürşide PEYNİRCİER'e bana verdiği manevi güç ve yol göstericiliği için; babam İbrahim PEYNİRCİER ile annem Fatma PEYNİRCİER'e fedakârlıkları, sabırları ve her koşulda yanımda oluşları için minnettarım.

Ayrıca bu yolculukta birlikte olduğum değerli arkadaşlarım Deniz KESKİNOL, Osman TOPAÇ, Gamze ÖVGÜ, Cemre ÇAKMAK ve Anıl DEMİRATA'ya verdikleri motivasyon için teşekkür ederim. Onların desteği, bu süreci daha anlamlı hale getirmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Problem Durumu	3
1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi	3
1.4. Sınırlılıklar ve Etik Husus	4
1.5. İlgili Çalışmalar ve Alan Yazın	4
1.6. Tezin Yapısı	9
2. DİJİTALLEŞME VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM	11

2.1. Dijitalleşme Kavramı.....	11
2.2. Dijital Dönüşüm.....	12
2.3. Dijital Teknolojilerin Gelişimi.....	14
2.3.1. Dijital ikiz teknolojileri.....	16
2.3.2. Nesnelerin İnterneti (IoT).....	16
2.3.3. Siber güvenlik ve siber-fiziksel sistemler (CPS).....	17
2.3.4. Büyük veri ve veri madenciliği	18
2.3.5. Bulut bilişim	19
2.3.6. Yapay zeka	20
2.3.7. Yeni teknolojiler.....	20
3. HAVACILIK SEKTÖRÜ VE HAVACILIK İŞLETMELERİNDE DİJİTALLEŞME SÜRECİ.....	22
3.1. Havacılık Sektörünün Tanımı, Kapsamı ve Tarihsel Gelişimi	22
3.2. Türkiye’de Sivil Havacılık ve Gelişimi	23
3.3. Havacılık Sektöründe Dijitalleşme ve Dönüşüm Süreci.....	24
3.4. Havacılık Sektöründe Dijitalleşmenin Uygulama Alanları	27
3.4.1. Operasyonel süreçler ve altyapı yönetimi.....	27
3.4.2. Akıllı havalimanı uygulamaları	27
3.4.2.1. Akıllı check-in ve self-boarding sistemleri	28
3.4.2.2. Havaalanında biyometrik sistemler.....	28
3.4.2.3. Bagaj yönetimi	29

3.4.2.4. <i>Havalimanı içi yön bulma ve mobil uygulamalar</i>	29
3.4.2.5. <i>Giyilebilir teknolojiler ve havacılıkta kullanım alanları</i>	30
3.4.3. Personel yetkinlikleri ve eğitimi	31
3.4.4. Yolcu deneyimi ve müşteri hizmetleri	31
3.4.5. Dijital ikiz teknolojisinin havacılık sektöründeki kullanımı	32
3.4.6. Güvenlik ve risk yönetimi	33
3.4.7. Veri analitiği ve büyük verinin havacılık sektöründe kullanımı	33
3.4.8. Havacılık sektöründe yapay zeka	34
3.5. Havacılık Sektöründe Dijitalleşme ve Sürdürülebilirlik İlişkisi	35
4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	37
4.1. Nitel Araştırma Yaklaşımı	37
4.1.1. Durum çalışması	37
4.2. Veri Toplama Teknikleri	39
4.2.1. Yarı yapılandırılmış görüşme	39
4.3. Verilerin Analizi	40
5. ALAN ARAŞTIRMASI	45
5.1. Türk Hava Yolları	45
5.2. İstanbul Havalimanı	47
5.3. Devlet Hava Meydanları İşletmesi	50
6. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME	53
6.1. Görüşme Bulgularının Tematik Analizi	53

6.2. Türk Hava Yolları Bulgularının Değerlendirilmesi	59
6.2.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi.....	59
6.2.2. İnsan kaynakları	60
6.2.3. Operasyonel süreçler	60
6.2.4. Finansal etki ve maliyet	61
6.2.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü	62
6.2.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi	62
6.3. İstanbul Havalimanı Bulgularının Değerlendirilmesi	63
6.3.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi.....	63
6.3.2. İnsan kaynakları	63
6.3.3. Operasyonel süreçler	65
6.3.4. Finansal etki ve maliyet	65
6.3.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü	65
6.3.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi	66
6.4. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Bulguların Değerlendirilmesi	67
6.4.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi.....	67
6.4.2. İnsan kaynakları	68
6.4.3. Operasyonel süreçler	69
6.4.4. Finansal etki ve maliyet	69
6.4.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü	70
6.4.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi	70

7. SONUÇ VE ÖNERİLER72

KAYNAKÇA.....77

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1. Tema 1- Kurumsal Yapı ve Dijital Dönüşüm Yönetimi	42
Tablo 4.2. Tema 2 - İnsan Kaynakları	42
Tablo 4.3. Tema 3 - Operasyonel Süreçler	43
Tablo 4.4. Tema 4 - Finansal Etki ve Maliyet.....	43
Tablo 4.5. Tema 5 - Müşteri Deneyimi ve Rekabet Gücü	44
Tablo 4.6. Tema 6 - Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifi	44
Tablo 6.1. Kurumsal Yapı ve Dijital Dönüşüm Yönetimi	53
Tablo 6.2. İnsan Kaynakları	54
Tablo 6.3. Operasyonel Süreçler	55
Tablo 6.4. Finansal Etki ve Maliyet	56
Tablo 6.5. Müşteri Deneyimi ve Rekabet Gücü	57
Tablo 6.6. Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifi	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Tematik Kelime Bulutu	41
--	----



KISALTMALAR DİZİNİ

ACI	: Airports Council International
AI	: Artificial Intelligence
AR	: Augmented Reality
ATC	: Air Traffic Control
ATM	: Air Traffic Management
BI	: Business Intelligence
CPS	: Cyber-Physical Systems
CRM	: Customer Relationship Management
DT	: Digital Twin
IATA	: International Air Transport Association
ICAO	: International Civil Aviation Organization
IGA	: Istanbul Grand Airport
IoT	: Internet of Things
IT	: Information Technology
METAR	: Meteorological Aerodrome Report
MRO	: Maintenance, Repair and Overhaul
NOTAM	: Notice to Airman
QR	: Quick Response Code
ROI	: Return on Investment
RPA	: Robotic Process Automation
VR	: Virtual Reality

1. GİRİŞ

Dijitalleşme, havacılık sektöründe hem operasyonel hem de stratejik düzeyde dönüşümlere yol açan temel bir süreçtir. Hava taşımacılığı sistemlerinde yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), artırılmış gerçeklik (AR) ve blokzincir gibi teknolojilerin entegrasyonu; uçuş güvenliği, bakım süreçleri, yolcu deneyimi, operasyonel verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında önemli etkiler yaratmaktadır (Dursun, 2021).

Yapay zekâ destekli sistemler, uçuş planlaması, rota optimizasyonu, bakım gereksinimlerinin öngörülmesi, gecikme tahmini ve müşteri hizmetleri gibi alanlarda kullanılmaktadır (Şahin, 2024). Bu sayede yakıt tüketimi optimize edilmekte, operasyonel aksaklıklar önceden tespit edilmekte ve müşteri memnuniyeti artırılmaktadır. Tahmine dayalı bakım uygulamaları, uçuş emniyetini güçlendirirken iş gücü ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

Büyük veri ve veri madenciliği, fiyatlandırma, yakıt verimliliği, kapasite yönetimi, yolcu davranış analizi ve uçuş emniyeti gibi alanlarda stratejik karar alma süreçlerini desteklemektedir (Miltiadou vd., 2020). Hava trafik kontrol sistemlerinden elde edilen veriler, güvenli uçuş yönetiminde kullanılmaktadır (Dursun, 2021). Ancak veri hacmindeki artış, siber güvenlik ve veri gizliliği risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle entegre veri yönetimi, çok aşamalı kimlik doğrulama ve güvenlik protokolleri giderek önem kazanmaktadır (Dalkıran, 2018).

Akıllı havalimanı sistemleri sayesinde yolcu yoğunluğu izleme, biyometrik geçiş kontrolü, bagaj takibi ve dijital tabela uygulamaları gibi hizmetler sunulmakta; operasyonel hız ve enerji verimliliği artırılmaktadır. Mobil uygulamalar, uçuş bilgilerine anlık erişim, mobil check-in, dijital biniş kartları, bagaj takibi, mobil ödeme ve kişiselleştirilmiş teklifler gibi işlevlerle yolculuk deneyimini iyileştirmektedir. Delta Airlines'ın RFID bagaj takibi ve artırılmış gerçeklik tabanlı yönlendirme sistemleri gibi örnekler, dijitalleşmenin müşteri memnuniyetine etkisini göstermektedir (Işılar, 2021).

Dijitalleşme, havacılık sektörünün sürdürülebilirlik hedefleri açısından da stratejik bir araçtır. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) tarafından belirlenen karbon salımı azaltım hedefleri; yapay zekâ tabanlı rota optimizasyonu, dijital biletleme, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının takibi ve akıllı

enerji yönetimi uygulamaları ile desteklenmektedir (Huderek-Glapska, 2023; Barutçu ve Çolakoglu, 2024). Ayrıca dijital biletleme, kâğıt kullanımını azaltarak çevresel etkiyi minimize etmektedir.

Dijital dönüşüm, insan kaynakları açısından da kritik önem taşımaktadır. Çalışanların dijital okuryazarlık ve yeni nesil teknolojilere adaptasyon becerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda havacılık işletmeleri, çevrim içi eğitimler, sertifikasyon programları ve sürekli mesleki gelişim faaliyetleri ile dönüşümü desteklemektedir (Tan ve Masood, 2021).

Küresel havacılık sektörü, düşük kâr marjları ve yüksek rekabet düzeyi nedeniyle yenilikçi teknolojilere yatırım yapmayı zorunlu görmektedir (Meydan, 2023). Ancak dijital altyapının kurulumu ve kullanıcıların bu teknolojiyi benimsemesi ile dijital dönüşüm sürecinde; siber saldırılar, veri gizliliği ihlallerinin yanı sıra yüksek yatırım maliyetleri gibi zorluklar da görülmektedir (Dalkıran, 2018). Bu risklerin yönetilebilmesi için etkin dijital yönetim politikalarının uygulanması, teknoloji yatırımlarının mevzuat düzenlemeleri ve toplumsal farkındalık faaliyetleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

Dijitalleşme havacılık sektörünü daha çevreci, daha verimli, daha güvenli ve daha yolcu odaklı bir yapıya dönüştürmektedir. Bu dönüşümün sürdürülebilir şekilde ilerleyebilmesi için insan kaynağını, politikaları, yatırım maliyetlerini, operasyonel süreçleri ve toplumsal boyutları kapsayan bütüncül ve yenilikçi stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Dijital teknolojilerdeki hızlı gelişim, havacılık sektöründe köklü değişimlerin öncüsü hâline gelmiştir. Büyük veri analitiği, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT) gibi dijital araçlar, hava yolu taşımacılığının operasyonel süreçlerini dönüştürmekte; aynı zamanda yolcu deneyimini yeniden tanımlamaktadır. Bu dönüşüm, sadece teknik bir değişim değil; kurumsal verimlilik, insan kaynağı, sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı gibi stratejik alanlarda da önemli etkiler yaratmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, dijitalleşmenin havacılık işletmeleri üzerindeki etkilerini çok boyutlu incelemektir. Araştırma, teknolojik altyapının kurumsal süreçlere entegrasyonu, dijital dönüşümün kurum kültürüne ve insan kaynağına yansımaları, işletmelerin sürdürülebilirlik ve stratejik planları, operasyonel verimlilik ve finansal boyutları üzerindeki sonuçları üzerine odaklanmaktadır. Bu doğrultuda yanıt aranacak

temel araştırma sorusu şudur:

“Dijital dönüşüm, havacılık sektöründeki işletmeler üzerinde nasıl bir etki yaratmaktadır?”

Çalışma, Türkiye’nin bayrak taşıyıcı havayolu firması olan Türk Hava Yolları (THY), ülkenin en büyük havalimanı işletmesi olan İstanbul Havalimanı (İGA) ve ülkenin havacılık otoritesi konumunda bulunan Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) üzerinde yürütülen durum çalışması yöntemi ile şekillendirilmiştir. Böylece hem havayolu hem de havalimanı hem de kamu ölçeğinde dijitalleşme sürecinin analizi yapılmıştır.

1.2. Problem Durumu

Havacılık sektörü; yüksek güvenlik standartları, zaman yönetimi, maliyet etkinliği ve yoğun rekabet gibi unsurlar nedeniyle dijitalleşme sürecinden yoğun biçimde etkilenmektedir. Dijital teknolojilerin sağladığı potansiyel avantajlara karşın, bu dönüşümün önünde çeşitli engeller bulunmaktadır. Yetersiz teknolojik altyapı, yüksek yatırım maliyetleri, çalışanların dijital yetkinlik düzeyindeki farklılıklar ve siber güvenlik tehditleri bu engellerin başında gelmektedir. Dolayısıyla, dijitalleşmenin getirdiği fırsatlar ile karşılaşılan zorluklar arasında dengeli bir strateji geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın çıkış noktası, Türkiye’de dijitalleşmenin havacılık kurumları üzerindeki çok yönlü etkileri hakkında bütüncül akademik çalışmaların sınırlı olmasıdır.

Bu doğrultuda araştırma şu sorulara yanıt aramaktadır:

- Kurumların dijitalleşme stratejileri nasıl şekillenmektedir?
- Dijitalleşme operasyonel süreçlere nasıl yansımaktadır?
- İnsan kaynağı ve iş gücü yapısı dijital dönüşümden nasıl etkilenmektedir?
- Dijitalleşmenin finansal etkileri nasıldır?
- Dijitalleşme, müşteri deneyimi ve rekabet gücünü nasıl etkilemektedir?
- Dijitalleşme, kurumların sürdürülebilirlik ve gelecek stratejilerini nasıl yönlendirmektedir?

1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Araştırmanın örneklemi Devlet Hava Meydanları İşletmesi, İstanbul Havalimanı ve Türk Hava Yolları oluşturmaktadır. Araştırma, nitel yöntem yaklaşımı ile tasarlanmış

olup, iç içe geçmiş tek durum deseni çerçevesinde yürütülmüştür. Bu desen, tek bir durum içerisinde birden fazla alt birimin incelendiği desendir (Yin, 2014). Türkiye’de havacılık sektöründe dijitalleşme ana durumu oluştururken THY, İGA ve DHMİ birer alt vaka olarak ele alınmıştır. Bu desen ile dijitalleşme sürecinin hem havayolu işletmesi hem havalimanı işletmesi hem de kamu otoritesi düzeyinde bütüncül biçimde incelenmesine olanak tanınmaktadır.

Veri toplama sürecinde, yarı yapılandırılmış görüşmelerden yararlanılmıştır. Görüşmeler DHMİ, İGA ve THY işletmelerinden dijital dönüşüm süreçlerinde aktif rol alan katılımcılarla çevrim içi olarak yürütülmüş, elde edilen veriler ses kayıtları üzerinden içerik analizi ile kodlanmıştır. Elde edilen kodlar tematik analiz ile değerlendirilmiştir.

Katılımcılar, işletmelere göre değişiklik göstermekte olup; THY’de bilişim teknolojileri (IT) departmanında satın alma biriminden ve THY iştiraki Turkish Technology işletmesinden yönetici ve uzmanlardan, İGA’da bilişim teknolojileri (IT), sürdürülebilirlik ve dijital hizmetler departmanı yöneticilerinden, DHMİ’de ise hava trafik kontrol merkezi, siber güvenlik, insan kaynakları ve seyrüsefer departmanı uzmanlarından oluşmaktadır.

1.4. Sınırlılıklar ve Etik Husus

Araştırma, havacılık sektörünün diğer paydaşları olan yer hizmetleri işletmelerine ve farklı havalimanı ve havayolu işletmelerine ulaşamadığı için yalnızca THY, İGA ve DHMİ örnekleri ile sınırlı kalmıştır ve bu işletmelerden araştırmanın kapsamında bulunan tüm departmanlardan katılımcılara ulaşamamıştır. Bu nedenle elde edilen bulgular küresel ölçekte genelleme amacı taşımamaktadır. Finansal verilere erişimde kısıtlılıklar olduğundan, bazı veriler yalnızca kamuya açık kaynaklardan desteklenmiştir.

Araştırmada etik ilkelere uygun hareket edilmiş, katılımcılar görüşmeler öncesinde bilgilendirilmiş ve görüşmelere katılan bireylerin açık rızası alınmış, kimlik bilgileri gizli tutulmuş ve görüşmeler anonimleştirilerek raporlanmıştır.

1.5. İlgili Çalışmalar ve Alan Yazın

Meydan’ın (2023) araştırması, dijital dönüşümün havayolu işletmelerindeki stratejik ve operasyonel etkilerini incelemiştir. Çalışmanın amacı, dijital teknolojilerin işletme yönetimi süreçlerinde nasıl bütünleştiğini ve bu entegrasyonun verimlilik, maliyet, müşteri memnuniyeti ve rekabet gücü üzerindeki rolünü açıklamaktır. Bulgular,

yapay zekâ, blok zincir, büyük veri, biyometri ve robotik sistemlerin havayolu değer zincirinde köklü değişim yarattığını; dijitalleşmenin artık bir seçenek değil, rekabetçi sürdürülebilirlik için zorunluluk olduğunu ortaya koymaktadır (Meydan, 2023).

Artar ve Türkay (2021), dijital dönüşümün havalimanı performansına ve yolcu deneyimine etkisini analiz etmiştir. Araştırma, büyük veri, IoT, yapay zekâ, bulut sistemleri ve biyometrik teknolojilerin havalimanı süreçlerinde kullanımıyla birlikte operasyonel verimlilik, hizmet kalitesi ve güvenliğin önemli ölçüde arttığını göstermiştir. İstanbul Havalimanı örneğinde dijitalleşme yatırımlarının, havacılıkta veri temelli yönetim kültürünü güçlendirdiği ve “Havalimanı 4.0” modeline geçişi hızlandırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Artar ve Türkay, 2021).

La ve diğerleri (2021), dijitalleşme ve akıllılaşma süreçlerinin hava taşımacılığı sistemine etkilerini dört ülke (Avustralya, Çin, ABD ve Hindistan) karşılaştırmasıyla incelemiştir. Çalışmanın amacı, dijitalleşmenin ve akıllı teknolojilerin hava taşımacılığı sisteminin üç ana bileşeni; hava trafik kontrolü (ATC), havalimanları ve havayolu işletmeleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve dijital göstergelerle hava taşımacılığı performansı arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Dijitalleşmenin hava taşımacılığı sistemine etkilerini üç temel eksen üzerinden incelenmiştir; operasyonel verimlilik, müşteri deneyimi ve veri yönetimi ve güvenlik. Analizler, dijitalleşmenin uçuş planlama, yakıt yönetimi ve veri güvenliği alanlarında verimliliği artırdığını; özellikle Çin ve Hindistan’da dijitalleşme düzeyinin taşımacılık büyümesini doğrudan etkilediğini göstermektedir (La, vd., 2021).

Molchanova (2021), dijital teknolojilerin havacılık endüstrisindeki dönüşüm gücünü değerlendirmiştir. Araştırmanın amacı, sektördeki operasyonel etkinlik, müşteri ilişkileri ve güvenlik süreçlerinde dijital araçların rolünü açıklamaktır. Bulgular, blokzincir, yapay zekâ, büyük veri ve IoT gibi teknolojilerin hem verimlilik hem de müşteri deneyimi açısından yeni standartlar oluşturduğunu göstermektedir (Molchanova, 2021).

Göçmen’in (2024) çalışması, dijital inovasyonun havalimanı yönetimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, süreç ve ürün inovasyonlarının dijitalleşmeyle bütünleşerek operasyonel verimliliği, müşteri memnuniyetini ve kriz yönetimi kapasitesini artırdığını göstermiştir. Londra Heathrow, Amsterdam Schiphol ve Dubai örnekleri üzerinden yapılan analizde, dijitalleşmenin havalimanlarını akıllı, sürdürülebilir ve yüksek katma değerli lojistik merkezlere dönüştürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada, dijital inovasyonun sadece kısa vadeli performans artışı sağlamadığı, aynı zamanda uzun vadede kurumsal dayanıklılık ve stratejik sürdürülebilirlik açısından da belirleyici olduğu vurgulanmaktadır. Özellikle veri tabanlı yönetim, yapay zekâ destekli öngörü sistemleri ve tahmine dayalı analitik yaklaşımlar, havalimanlarının kriz durumlarında hızlı uyum göstermesini ve kesintisiz hizmet sunmasını mümkün kılmaktadır (Göçmen, 2024).

Macit (2025), yapay zekânın havaalanı rekabet stratejilerindeki rolünü araştırmıştır. Çalışmanın amacı, yapay zekanın operasyonel verimlilik, hizmet kalitesi ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bulgular, yapay zekâ tabanlı sistemlerin uçuş planlama, bagaj yönetimi ve güvenlik süreçlerinde kaynak kullanımını optimize ettiğini; böylece havaalanlarının veriye dayalı rekabet gücü kazandığını göstermiştir. Çalışmada yapay zekânın, havaalanı operasyonlarının tüm aşamalarında öngörücü ve öğrenen sistemler aracılığıyla veri temelli karar alma mekanizmalarını güçlendirdiği belirtilmektedir. Bu sistemler, hava trafiği akışını tahmin edebilmekte, bakım ihtiyaçlarını önceden belirleyebilmekte ve olası aksaklıklara karşı dinamik çözümler üretebilmektedir. Böylece havaalanları hem operasyonel kesintileri önlemekte hem de hizmet kalitesini istikrarlı biçimde sürdürebilmektedir (Macit, 2025).

Geske, Herold ve Kummer (2025) tarafından gerçekleştirilen araştırma, yapay zekânın havayolu operasyonlarında “bilgi aracısı (information broker)” rolünü üstlenerek sürdürülebilir verimlilik sağlamadaki potansiyelini ortaya koymuştur. 13 uluslararası havayolundan 22 yöneticiden elde edilen veriler, yapay zekanın bilgi paylaşımı, karar destek ve veri yönetiminde dönüştürücü bir etki yarattığını göstermektedir. Yapay zeka, insan karar vericilerin yerini almak yerine onları destekleyen bir sistem olarak tanımlanmıştır. Çalışma, dijital sürdürülebilirlik vizyonuna katkı sağlayan bir çerçeve önermektedir (Geske, Herold ve Kummer, 2025).

Arslan ve Atay (2025), Türkiye’de ulaştırma sektöründeki kamu işletmelerinde yapay zekâ uygulamalarını incelemiş, bu teknolojilerin kurumsal kapasite ve hizmet verimliliği üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Araştırma kapsamında incelenen Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ), dijital dönüşüm sürecinde yapay zekâ temelli veri sistemlerini aktif biçimde kullanarak operasyonel verimliliği, güvenliği ve yolcu memnuniyetini artırmaktadır. Çalışma, yapay zekânın kamu hizmetlerinde yalnızca teknolojik bir yenilik değil, kurumsal yeniden yapılanmanın da temel unsuru olduğunu ortaya koymuştur. Kamu kurumları açısından dijital dönüşüm, hizmet kalitesi, veri

güvenliği, kaynak yönetimi ve vatandaş memnuniyetini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, havacılık sektöründe DHMİ örneği, dijital altyapı geliştirme, veri yönetimi, otonom sistem entegrasyonu ve insan kaynağının dijital yetkinliklerinin artırılması konularında model teşkil etmektedir (Arslan ve Atay, 2025).

Cankurtaran (2021), dijital teknolojilerin havayolu işletmelerinde müşteri deneyimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmanın amacı, büyük veri, IoT, AR/VR, yapay zekâ ve siber güvenlik gibi teknolojilerin havayolu operasyonlarına entegrasyonunun müşteri memnuniyetini nasıl dönüştürdüğünü ortaya koymaktır. Ayrıca, “dijital havayolu dönüşümü” kavramı açıklanmış; bağlantılı insan, süreç ve teknolojilerden oluşan sistemin “tam dijital müşteri deneyimi” yarattığı belirtilmiştir. Bu kapsamda havayolu şirketlerinin dijitalleşme sürecinde beş temel öncelik öne çıkmaktadır: gerçek zamanlı veri yönetimi, yolcu merkezli hizmet tasarımı, güçlü siber güvenlik altyapısı, dijital yetkinliklere sahip insan kaynağı ve inovasyon kültürünün geliştirilmesi. Bulgular, dijitalleşmenin hem iç süreçlerde verimlilik hem de müşteri tarafında kişiselleştirilmiş hizmet kalitesi yarattığını, dolayısıyla dijitalleşmenin rekabet avantajı için zorunlu hale geldiğini göstermektedir. Cankurtaran (2021), dijitalleşmenin yalnızca teknolojiye yatırım yapmak değil, örgütsel kültür ve liderlik anlayışında da köklü bir değişimi gerektirdiğini vurgulamaktadır (Cankurtaran, 2021).

Çıkmaz, Baltacı ve Kanuşağı (2024) ise dijital hizmet sunumunun turist deneyimi üzerindeki etkisini ve bu süreçte teknolojik hazıroluşluğun düzenleyici rolünü araştırmıştır. 1328 katılımcıdan elde edilen veriler, self check-in, temassız biniş ve dijital müşteri hizmetleri gibi uygulamaların yolcu deneyimini anlamlı biçimde iyileştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, teknolojik hazıroluşluğu yüksek bireylerin dijital hizmetlerden daha fazla memnuniyet elde ettikleri belirlenmiştir. Çalışma, dijital hizmetlerin havayolu rekabetinde sürdürülebilir bir avantaj sağladığını vurgulamaktadır (Çıkmaz, Baltacı ve Kanuşağı, 2024).

Kıyıklık, Kuşakcı ve Mbowe (2022), havayolu işletmelerinin dijital dönüşüm düzeylerini belirlemek amacıyla Dijital Dönüşüm Olgunluk Modeli (DTM) geliştirmiştir. Çalışmada geliştirilen öz değerlendirme aracı, havayolu işletmelerinin strateji, organizasyon, teknoloji, müşteri ilişkileri ve inovasyon gibi dokuz temel boyutta dijital yetkinliklerini ölçmektedir. Türkiye örnekleminde uygulanan model, işletmelerin dijital olgunluk düzeylerinin orta seviyede olduğunu göstermiştir. Bulgular, dijital dönüşümün başarısında teknoloji yatırımlarının yanında örgüt kültürü ve çalışanların dijital

becerilerinin de belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Kıyıklık, Kuşakcı ve Mbowe, 2022).

Turgut (2025), uluslararası taşımacılık sektöründe işletmelerin dijital olgunluk düzeylerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada geliştirilen dijital olgunluk modeli, işletmelerin dijital strateji, süreç yönetimi ve teknoloji entegrasyonu düzeylerini ölçmüştür. Bulgular, dijital olgunluğu yüksek işletmelerin daha rekabetçi, verimli ve sürdürülebilir olduğunu; havacılıkta da bu durumun operasyonel başarıyı doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur ve dijitalleşme sürecinin yalnızca maliyet avantajı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda stratejik sürdürülebilirlik ve rekabet gücü açısından belirleyici hale geldiğini göstermektedir. Uluslararası taşımacılık sektöründe dijital olgunluk düzeyinin artması, işletmelerin yeni pazarlara daha etkin şekilde erişmesini, operasyonel riskleri azaltmasını ve krizlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Çalışmada ulaşılan önemli bir sonuç, dijitalleşmenin örgüt kültürü ve yetenek yönetimi üzerinde dönüştürücü bir rol oynadığıdır. Dijital süreçleri benimseyen işletmelerde bilgi paylaşımı artmakta, karar alma mekanizmaları hızlanmakta ve veriye dayalı yönetim anlayışı gelişmektedir. Dijital olgunluk düzeyi yükseldikçe, işletmelerde şeffaflık, izlenebilirlik ve çeviklik gibi unsurların da güçlendiği vurgulanmaktadır (Turgut, 2025).

Yavaş (2022) tarafından yapılan çalışma, dijitalleşmenin havacılık sektöründe verimlilik üzerindeki etkisini içerik analizi yöntemiyle incelemiştir. Bulgular, dijital ikiz, büyük veri, IoT ve yapay zekâ gibi teknolojilerin operasyonel, kurumsal ve ekonomik verimlilik üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermiştir. Dijital dönüşüm, yalnızca süreçlerin hızlanmasına değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğin artmasına ve maliyetlerin azalmasına katkı sağlamaktadır. Çalışma, dijitalleşmenin stratejik bir yönetim aracına dönüştüğünü ortaya koymaktadır (Yavaş, 2022).

Kováčiková ve arkadaşlarının (2022) araştırması, Covid-19 pandemisinin havalimanlarında dijital dönüşümü hızlandırıcı etkisini incelemiştir. Slovakya ve Çekya'daki sekiz havalimanında yürütülen çalışmada, kriz döneminde temassız teknolojiler, biyometrik sistemler ve otonom dezenfeksiyon araçları gibi dijital çözümlerin hızla uygulamaya konduğu belirlenmiştir. Pandemi, havalimanlarında dijital olgunluğun önemini artırmış, dijitalleşmeyi stratejik bir zorunluluk haline getirmiştir (Kováčiková, vd., 2022).

Thums ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan araştırma, havacılık ve havalimanı

sistemlerinde dijitalleşmenin iş süreçlerine, insan-teknoloji etkileşimine ve örgütsel performansa etkilerini incelemiş, dijitalleşmenin sunduğu fırsatları ve riskleri bütüncül biçimde değerlendirmiştir. Çalışma, dijital teknolojilerin yalnızca operasyonel verimlilik sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda iş gücü yapısını ve güvenlik süreçlerini dönüştürdüğünü göstermektedir. Özellikle yapay zekâ, artırılmış gerçeklik (AR/VR), nesnelerin interneti (IoT) ve blockchain uygulamaları; uçuş, bakım ve bagaj yönetimi süreçlerinde yüksek düzeyde etkililik sağlamaktadır. Bununla birlikte, insan-makine etkileşiminin yönetilmesi ve dijital farkındalık düzeyinin artırılması, dönüşümün sürdürülebilirliği için kritik görülmüştür. Bulgular, dijitalleşmenin sadece otomasyon sağlamakla kalmadığını, aynı zamanda örgütsel yapıları, güvenlik protokollerini ve insan faktörünü yeniden tanımladığını ortaya koymaktadır. İnsan gözetimi ile dijital sistemler arasında dengeli bir iş birliği kurulmasının, sektörün sürdürülebilir dijital dönüşümü için zorunlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Thums, vd., 2023).

1.6. Tezin Yapısı

Bu tez, yedi ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan Giriş'te araştırmanın amacı, önemi, problem durumu, yöntemi, kapsamı, sınırlılıkları ve ilgili literatür taraması ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. İkinci bölümde Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm başlığı altında dijitalleşmenin tanımı, dijital dönüşümün gelişim süreci ve uygulama alanları anlatılmaktadır. Üçüncü bölüm olan Havacılık Sektörü ve Havacılık İşletmelerinde Dijitalleşme Süreci'nde sektörün tarihsel gelişimi, yapısı, işleyişi, güncel durum değerlendirmesi ve Türkiye'de sivil havacılık konusu ile sektörde kullanılan dijital uygulamalar, teknolojiler ve bunların operasyonel ve sürdürülebilirlik boyutundaki etkilerine yer verilmektedir.

Dördüncü bölümde; çalışmada kullanılan yöntem, örnek olay deseni, veri toplama tekniği ve analiz süreçleri açıklanmaktadır. Beşinci bölüm, Alan Araştırması başlığını taşımakta olup, Türk Hava Yolları (THY), İstanbul Havalimanı (İGA) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) için kapsamlı araştırmalara yer verilmekte; her kurumun dijitalleşme stratejileri, uygulamaları ve elde edilen sonuçlar incelenmektedir. Altıncı bölümde ise Türk Hava Yolları (THY), İstanbul Havalimanı (İGA) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) ile yapılan görüşmelerin tematik analiz bulguları değerlendirilmektedir. Son bölüm olan Sonuç ve Öneriler'de ise araştırma bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmekte ve havacılık sektöründe dijitalleşme süreçlerinin

geliştirilmesine yönelik öneriler sunulmaktadır.



2. DİJİTALLEŞME VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

2.1. Dijitalleşme Kavramı

Etimolojik olarak dijitalleşme, Latince *digitus* (parmak) kelimesinden türemiş olup, Avrupa dillerinde “sayı” ve “rakam” anlamlarıyla ilişkilendirilmektedir. Sanayi devriminin etkisiyle küreselleşen dünyada hızla yayılan bu yeni nesil yaklaşım, yaşamın hemen her alanını etkilemekte ve ardışık evreler halinde ilerleyen sürekli bir gelişim süreci barındırmaktadır. Mevcut literatürde dijitalleşme, bir organizasyonun bilgi ve donanımının elektronik cihazlar aracılığıyla dijital verilere dönüştürülerek sanal ortama aktarılması süreci olarak tanımlanmaktadır (Baloğlu, 2023).

Tarihsel olarak dijitalleşme tanımı, analog işlemler ve sistemlerin dijital varlıklara dönüştürülmesini kapsayacak şekilde genişlemiş; tüketiciler açısından 1981’de ilk kişisel bilgisayarların tanıtılmasıyla görünür hale gelmiştir. Bu tarih, dijital çağın başlangıcı olarak kabul edilmekte ve süreç, hızla artan bir ivmeyle devam etmektedir (Vogelsang, 2010).

Dijitalleşme, bilginin dijital ortamlarda işlenmesi, saklanması ve iletilmesi süreçlerini kapsayan bir dönüşüm sürecidir. Temel olarak geleneksel analog sistemlerden dijital sistemlere geçişi ifade eden bu süreç, teknolojik yeniliklerle birlikte iş yapış biçimlerini, tüketici alışkanlıklarını ve organizasyonel yapıları köklü biçimde değiştirmektedir (Brennen ve Kreiss, 2016).

Dijitalleşme; işletmelere, operasyonel verimlilik ve maliyetlerin azaltılması gibi önemli avantajlar sunmakta; dijital teknolojileri etkili bir şekilde kullanan işletmelerin hedeflerine ulaşmalarını, yeni trendlere uyum sağlamalarını ve rakiplerine kıyasla rekabet avantajı elde etmelerini mümkün kılmaktadır. Kurumsal açıdan ise dijitalleşme, iş modellerinin dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden yapılandırılması, yeni değer yaratma fırsatlarının geliştirilmesi ve dijital işletmelere geçişi ifade etmektedir. Dijital beceriler günümüzde hem bireysel hem de kurumsal başarı için vazgeçilmez hale gelmektedir. Bu süreçte iş tanımları, fiziksel yetenekten bilişsel yeteneklere evrilmektedir.

Dijitalleşmenin avantajları arasında bilginin erişilebilirliğinin artırılması, üretim ve iş akışının hızlanması, bilgilerin korunması ve depolanması, dijital ortamda saklama yoluyla maliyetlerin düşürülmesi yer almaktadır. Ancak bu sürecin siber güvenlik sorunları, çevrim içi tehditler ve veri ihlalleri gibi sınırlılıkları da bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelerin bu sorunları zamanla minimize edeceği öngörülmektedir. Bu

bağlamda dijitalleşme, Endüstri 4.0 ile kurumlar ve işletmeler üzerinde köklü etkiler yaratmakta; bireylerin çevresindeki tüm alanlarda dijital teknolojiler kullanılarak dönüşüm sağlamaktadır (Brennen ve Kreiss, 2016).

Dijitalleşme süreci, endüstrilerin ve firmaların strateji ve performanslarını değiştirmesine olanak tanıyan bir süreçtir. Bu yönüyle dijitalleşme; bireylerin yaşam biçimlerini ve sektörlerin işleyişini dijital teknolojiler aracılığıyla dönüştürme süreci olarak değerlendirilebilir. Sadece teknolojik bir gelişme değil; aynı zamanda sosyal ve kurumsal yapıları da yeniden şekillendiren bir olgudur. Dijitalleşme ile toplumsal düzeyde sosyal ilişkiler, medya ve iletişim altyapıları üzerinden yeniden tanımlanmakta; kurumsal düzeyde ise veri odaklı değer üretimi öne çıkmaktadır.

Dijitalleşme, günlük yaşamda manuel ve zaman alıcı süreçleri daha verimli hale getirerek büyük bir değişim yaratmaktadır. Bu değişim birçok sektörü etkilemiş; havacılık endüstrisi dijital teknolojilerin kullanımında öncü sektörlerden biri olmuştur. Bu sayede operasyonel verimlilik artmış, hizmet sunumu iyileştirilmiş ve yolcu deneyimi geliştirilmiştir.

2.2. Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin stratejik olarak benimsenmesiyle kurumların iş süreçlerini, organizasyon yapısını, kurum kültürünü ve müşteri deneyimini dönüştürme sürecini ifade etmektedir. Bu süreç yalnızca teknolojik araçların entegrasyonunu değil, aynı zamanda liderlik anlayışını, çalışanların dijital yetkinliklerini ve kurumsal esnekliği de kapsayan bütüncül bir değişimi gerektirmektedir (Gong ve Ribiere, 2021).

Dijital dönüşümün gelişimi, bilgisayarların yaygınlaşmasıyla başlayan dijital teknoloji devriminden, internet, mobil cihazlar, yapay zekâ, büyük veri, bulut bilişim ve nesnelerin interneti (IoT) gibi yenilikçi teknolojilerin iş dünyasına entegre edilmesine kadar uzanmaktadır. Bu teknolojiler, işletmelere operasyonel verimlilik, maliyet avantajı ve kişiselleştirilmiş müşteri deneyimi sunarken; karar alma süreçlerini de hızlandırmaktadır (Brennen ve Kreiss, 2016). Özellikle yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi ileri analitik teknikler, karar destek sistemlerini otomatikleştirmekte ve veriye dayalı hizmetlerin yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Kane ve arkadaşları (2015), dijital dönüşümün yalnızca teknolojik bir yenilenme olmadığını, aynı zamanda organizasyonel kültürün yeniden şekillenmesini de gerektirdiği vurgulamaktadır. Başarılı bir dönüşüm için liderlik yapısının güçlü olması, yenilikçi

düşünceye açık bir kurum kültürünün benimsenmesi ve çalışanların dijital becerilerinin geliştirilmesi zorunludur (Kane vd., 2015).

Dijital dönüşüm, karar alma mekanizmaları, üretim ve tasarım süreçleri, müşteri ilişkileri yönetimi, organizasyonel yapılar ve finansal yönetim üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Mitroulis, Kitsios ve Kitsios, 2019). Bu nedenle işletmelerin, dijital dönüşüm sürecini planlı ve kontrollü bir şekilde yönetebilecekleri net bir dijital stratejiye sahip olmaları gerekmektedir.

Literatürde dijital dönüşümün doğasına ilişkin farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar bu süreci dijitalleşmenin doğal bir evrimi olarak tanımlarken (Savić, 2020), yaygın görüş, dijital dönüşümün yalnızca teknolojik yenilikleri değil, aynı zamanda kurum kültürü, süreç yönetimi ve insan kaynakları politikaları gibi alanlarda da köklü değişiklikleri içeren çok katmanlı bir dönüşüm olduğu yönündedir (Haffke, Kalgovas ve Benlian, 2016).

Dijitalleşme süreci, başlangıçta işletmelerde bilgi yönetimi, ürün geliştirme ve iş gücü verimliliğini artırma gibi araçsal amaçlarla benimsenmiştir. Ancak zamanla bu süreç, yalnızca üretim ve organizasyon yapısını değil; aynı zamanda pazar yapıları, tüketici davranışları ve rekabet dinamiklerini köklü biçimde dönüştürmektedir (Koscheyev vd., 2019). Rekabetin yoğunlaştığı günümüz iş dünyasında, yöneticilerin teknoloji tabanlı değişimi yalnızca fark etmeleri değil; bu değişimin potansiyel etkilerini öngörerek küresel ölçekte stratejik değer yaratma süreçlerine entegre etmeleri gerekmektedir (Gurbaxani ve Dunkle, 2019).

İşletmelerdeki değişim ihtiyacı hem içsel faktörler (organizasyonel yapı, kültür, süreç verimliliği) hem de dışsal faktörler (rekabet baskısı, teknolojik gelişmeler) tarafından tetiklenmektedir. Günümüzde teknolojilerin bireyleri, kurumları ve nesneleri birbirine daha yakın hâle getirmesi, dijitalleşmeye uyumu bir zorunluluk haline getirmektedir (Altuntaş, 2018).

Veri analitiği, bulut bilişim, büyük veri, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), artırılmış gerçeklik (AR) ve otomasyon gibi teknolojiler, günümüz dijital dönüşümünün temel yapı taşlarını oluşturmaktadır (Trotta ve Garengo, 2018). Bu teknolojilerin ortak noktası, bilgi girdisi ve çıktısına dayalı olarak işletme performansını artırma potansiyelidir.

İnternetin yaygınlaşması, mobil teknolojilerin gelişmesi ve e-ticaretin yükselişi; işletmelerin CRM, tedarik zinciri yönetimi ve veri tabanı sistemleri gibi dijital

platformları iş süreçlerine entegre etmesini teşvik etmiştir. Bu entegrasyon, kurumsal bütünleşmeyi güçlendirerek operasyonel verimlilik, maliyet optimizasyonu ve müşteri deneyimi açısından stratejik kazanımlar sağlamaktadır (Schwertner, 2017).

Bu bağlamda, dijital dönüşüm yalnızca teknolojiyi iş süreçlerine entegre etme süreci değil; kurumların dijital çağın gerekliliklerine uyum sağlamak için insan, süreç ve teknoloji unsurlarını kapsayan bütüncül bir yeniden yapılanma süreci ve yalnızca teknik bir modernizasyon değil, aynı zamanda yapısal adaptasyon ve kurumsal kültür dönüşümü olarak değerlendirilmelidir.

2.3. Dijital Teknolojilerin Gelişimi

Dijital teknolojilerin gelişimi, ekonomilerin, toplumsal yaşamın ve küresel rekabetin dinamiklerini köklü biçimde değiştiren çok boyutlu bir dönüşüm sürecidir. Bu süreç tarihsel olarak birkaç evre üzerinden incelenmektedir.

Birinci evre, 20. yüzyılın ortasında bilgisayar teknolojilerinin ortaya çıkışıyla başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı yıllarında geliştirilen ENIAC adlı ilk elektronik bilgisayar, yalnızca savaş teknolojisi açısından değil, aynı zamanda yazılım ve donanım altyapısının ilerlemesi bakımından da büyük bir dönüm noktası olmuştur. Bu gelişme, bilgisayarların ticari, bilimsel ve endüstriyel alanlarda kullanımının önünü açmıştır.

İkinci evre, 1960'lı yılların başında internet teknolojilerinin temellerinin atılması ve 1980'lerin ortalarından itibaren küresel ölçekte yaygınlaşmasıyla başlamıştır. İnternet, bilgiye erişim, iletişim ve iş yapma biçimlerinde devrim yaratmış; 2000'li yıllarda Web 2.0 uygulamaları ile kullanıcıların yalnızca tüketici değil aynı zamanda içerik üreticisi hâline gelmesi, dijital ortamı interaktif ve katılımcı bir yapıya dönüştürmüştür.

Üçüncü evre, mobil cihazların ve sosyal medyanın yükselişiyle karakterize edilmektedir. Mobil teknolojiler, bilgiye, iletişime ve hizmetlere mekândan bağımsız, anlık erişim olanağı sunmuş; dijital pazarlama, sosyal ticaret ve mobil uygulama ekosistemlerinin gelişmesini teşvik etmektedir.

Dördüncü evre, Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği, artırılmış gerçeklik, blok zinciri ve otomasyon teknolojilerinin bütünleşmesiyle başlamıştır. Bu teknolojilerin gelişimi, Endüstri 4.0 yaklaşımının temellerini oluşturmakta ve Endüstri 4.0, üretimde esneklik, hız ve verimliliği arttırmayı amaçlamaktadır (Gönen ve Rasgen, 2019).

Endüstri 4.0, temel olarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin, üretim sistemleri ile

bütünleştirilmesini, fiziksel süreçlerin dijital dönüşüm yoluyla otomasyon, veri analitiği ve yapay zekâ ile entegre edilmesini ifade etmektedir (Tabrizi vd., 2019). Bu bağlamda dijital dön

üşüm, yalnızca teknolojik yeniliklerin uygulanması değil, aynı zamanda işletme süreçlerinin yeniden yapılandırılması, yeni iş modellerinin geliştirilmesi ve rekabet avantajı elde edilmesi sürecidir.

Dijital dönüşüm ile Endüstri 4.0 birbirini tamamlayan iki bütünleşik olgudur. Endüstri 4.0 ile hayata geçen teknolojiler; Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği, siber-fiziksel sistemler, bulut bilişim, akıllı robotlar ve otomasyon çözümleri gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Bu teknolojiler, işletmelerin verimlilik, esneklik, sürdürülebilirlik ve müşteri odaklılık hedeflerini destekleyerek hem mikro (işletme içi) hem makro (tedarik zinciri ve sektörler arası) düzeyde dönüşüm sağlamaktadır.

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini daha esnek, hızlı, verimli ve maliyet açısından avantajlı hâle getirmektedir. Sensörler ve IoT cihazları sayesinde gerçek zamanlı veri toplayarak üretim hatalarını azaltmakta; kestirimci bakım analizi ile arızaları önceden tespit ederek operasyonel sürekliliği sağlamaktadır (Adamik ve Nowicki, 2018). Endüstri 4.0, yalnızca sanayi üretimiyle sınırlı kalmayıp, turizm, lojistik, eğitim ve havacılık gibi sektörlerde de etkili bir dönüşüm sağlamaktadır. Bu dönüşüm, iş gücü profillerinin değişmesini, nitelikli dijital yetkinliklere sahip çalışanlara olan ihtiyacın artmasını ve küresel ölçekte rekabet dinamiklerinin yeniden şekillenmesini beraberinde getirmektedir (Yıldırım, 2020).

Günümüzde dijital teknolojiler, teknolojik yakınsama olgusuyla daha hızlı evrimlenmektedir. Farklı alanlardaki teknolojilerin bütünleştirilmesi, inovasyonu teşvik ederek yeni iş modelleri, ürünler ve hizmetler ortaya çıkarmaktadır (Wang vd., 2016). Bu dönüşüm, yalnızca sanayi ve ticareti değil; eğitim, sağlık, kamu hizmetleri ve havacılık gibi stratejik sektörleri de kapsamlı biçimde etkilemektedir. Özellikle havacılık sektöründe dijital teknolojilerin benimsenmesi, operasyonel verimlilik, güvenlik, müşteri memnuniyeti ve sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır.

Dijital teknolojilerin gelişimi, teknik ilerlemenin ötesinde, küresel ekonomik yapıyı, sektörlerin işleyişini ve toplumsal yaşamın dinamiklerini kökten dönüştüren bir süreçtir. Önümüzdeki yıllarda bu dönüşümün, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde daha da hızlanacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0, dijital

dönüşümün itici gücü olarak hem teknolojik hem de sosyo-ekonomik yapıları dönüştürmekte; işletmelerin rekabetçi, yenilikçi ve sürdürülebilir stratejiler geliştirmesine zemin hazırlamaktadır.

2.3.1. Dijital ikiz teknolojileri

Endüstri 4.0'ın temelini, fiziksel ve sanal dünya arasındaki etkileşim oluşturmaktadır. Bu bağlamda siber-fiziksel sistemler (CPS), dijital ikizler (Digital Twins – DT) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramları kritik bileşenler arasında yer almaktadır. Dijital ikiz kavramı son yıllarda güçlü bir şekilde öne çıkmış olsa da kökeni 2003 yılına dayanmaktadır. Michael Grieves tarafından ortaya atılan kavram, NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından resmi olarak tanımlanmış ve fiziksel bir ürünün sanal ortamda oluşturulmuş dijital bir karşılığı olarak ifade edilmektedir. Bir dijital ikiz, fiziksel ve sanal alanlar ile bunlar arasındaki bağlantılardan oluşmaktadır (Glaessgen ve Stargel, 2012).

Başlangıçta askeri ve havacılık alanlarında kullanılan dijital ikiz teknolojileri, günümüzde üretim, inşaat, ulaşım ve sağlık gibi farklı sektörlerde geniş uygulama alanları bulmaktadır. Üretim sektöründe makine verimliliğinin izlenmesi ve süreç optimizasyonu; inşaat sektöründe XR (Extended Reality) ve BIM (Building Information Modeling) teknolojileri ile ilerleme takibi; sağlık sektöründe ise kestirimci bakım ve koordinasyon süreçleri öne çıkmaktadır.

Endüstri 4.0 çağında dijital ikizler, geleneksel stratejilerin verimsizliğini ortadan kaldırarak, kişiselleştirilmiş ve akıllı ürün/hizmet taleplerini karşılamada kritik bir araç haline gelmiştir. Ancak uygulamada sanal modelleme kapasitesi, organizasyonel yapıların uygunluğu, gerçek zamanlı dinamik veri senkronizasyonu, heterojen kaynakların entegrasyonu, operasyonların doğrulanması ve sistem güvenliği ile erişim yönetiminin sağlanması gibi zorluklar mevcuttur (Lim, Zheng ve Chen, 2020).

2.3.2. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT), fiziksel nesnelerin sensörler, ağ bağlantıları ve iletişim teknolojileri aracılığıyla birbirine ve internete bağlanarak veri toplamasını, iletmesini, işlenmesini, üretmesini ve paylaşımını sağlayan bir sistemler bütünüdür. Günümüzde IoT, tüketici elektroniğinden endüstriyel üretime, tarımdan sağlık hizmetlerine, ulaşımdan enerjiye kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir (Khalil ve

Özdemir, 2018).

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olan IoT; siber-fiziksel sistemler (CPS), dijital ikizler ve büyük veri analitiği ile bütünleşmiş çalışarak akıllı üretim, otonom operasyonlar ve bütünleşik tedarik zincirleri oluşturmaktadır. IoT sistemlerinin başarısı için entegrasyon ve birlikte çalışabilirlik kritik önemdedir. Farklı cihazların ve altyapıların uyumlu çalışabilmesi, IoT sistemlerinin verimli ve kesintisiz çalışması açısından temel bir gerekliliktir. IoT, yalnızca fiziksel bağlantıdan ibaret olmayıp, topladığı verileri dijitalleştirerek iş süreçlerini, iş modellerini ve endüstriyel ekosistemleri dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle IoT'nin 7 kritik özelliği tanımlanmaktadır: bağlanılabilirlik, nesneler, veri, iletişim, istihbarat, eylem ve ekosistem (Patel, Patel ve Scholar, 2016).

Bununla birlikte, IoT sistemleri artan veri paylaşımı nedeniyle siber saldırılar için cazip hedefler haline gelmektedir. Özellikle hassas verilerin işlendiği sistemlerde güvenlik ve bilgi güvencesi öncelikli konular olarak ele alınmakta, bu doğrultuda siber güvenlik çözümleri geliştirilmekte ve uygulanmaktadır (Conti, vd., 2018).

2.3.3. Siber güvenlik ve siber-fiziksel sistemler (CPS)

Teknolojinin gelişmesi ve iletişim protokollerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, kritik endüstriyel sistemlerin ve üretim hatlarının güvenliğinin sağlanması giderek daha önemli hâle gelmiştir. Siber güvenlik, dijital ortamlardaki verileri yetkisiz erişim ve saldırılara karşı koruma altına alan teknik ve organizasyonel önlemler bütünüdür. Siber güvenlik kavramı yazılım, bilgisayar ve ağlara yönelik kötü niyetli saldırı risklerini azaltan, izinsiz erişimleri engelleyen, virüsleri durduran, kimlik doğrulamayı zorunlu kılan ve şifreli iletişimlerini etkinleştiren bir disiplin olarak açıklanmaktadır (Craig, vd., 2014).

Bilgi teknolojisi güvenliği olarak da adlandırılan bu alan; askerî kurumlar, finansal kuruluşlar ve kamu yönetimi gibi çok miktarda hassas veri toplayan ve işleyen yapılar için kritik önem taşımaktadır. Bu tür verilerin yetkisiz erişim sonucu ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçlara karşı korunması, siber güvenliğin temel hedefidir.

Kurumsal düzeyde siber güvenlik; veri koruma, yalnızca yetkili kişilerce erişilmesi gereken bilgilerin korunması; ihlal riskini azaltma, verilerin kötü niyetli aktörlere karşı güvenliğinin sağlanması ve iş sürekliliğinin korunması, faaliyetlerin kesintisiz şekilde yürütülmesi gibi roller üstlenmektedir (Bay, 2016).

Siber güvenlik ile yakından ilişkili bir kavram olan Siber-Fiziksel Sistemler

(Cyber- Physical Systems – CPS), fiziksel nesneler ile sanal dünya arasında entegre ve gerçek zamanlı veri akışı sağlayan sistemlerdir. CPS, entegre bilgisayar sistemleri, ağ iletişimi ve kontrol mekanizmalarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. CPS teknolojisi, veri analizi yoluyla verimliliği artırma, büyümeyi destekleme ve iş gücü performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Üretim sürecinin tüm evrelerinde bağımsız fakat koordineli çalışabilen CPS'ler, yalnızca imalat alanında değil; havacılık, otomotiv, enerji, sağlık ve tüketici elektroniği gibi sektörlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Günlük yaşamda ise CPS uygulamaları, akıllı evler, akıllı ofisler ve akıllı şehirler gibi konseptlerde kendini göstermektedir. Sensörler, veri toplama sistemleri ve gerçek zamanlı analiz altyapıları sayesinde CPS hem endüstriyel hem de toplumsal ölçekte dijitalleşmenin temel bileşenlerinden biri hâline gelmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında CPS'ler, üretim ortamında fiziksel ekipman ile sanal modeller arasında senkronizasyon sağlayarak akıllı üretim koşullarını mümkün kılmaktadır (Zhou, Liu, ve Zhou, 2015).

2.3.4. Büyük veri ve veri madenciliği

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri büyük veridir. Büyük veri; hacim, hız ve çeşitlilik açısından yüksek düzeyde olan, geleneksel yazılımlar ile işlenmesi mümkün olmayan veri kümelerini ifade etmektedir. Büyük veri süreci iki temel aşamadan oluşmaktadır: Öncelikle verilerin dijital ortamda depolanması, ardından bu depolanmış verilerin çözüm üretme ve hizmet geliştirme amacıyla analiz edilmesi (Chen, Mao ve Liu, 2014). Farklı alanlardan toplanan verilerin değerlendirilmesi ve analiz edilmesi, üretim kalitesini artırmakta, enerji tasarrufu sağlamakta ve karar alma süreçlerini iyileştirmektedir.

Endüstri 4.0 ile işletmeler arasındaki kritik operasyonel noktaların önemi daha da belirginleşmektedir. Büyük veri, işletmeler için stratejik bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Örneğin, üretim süreçlerinde hataların eş zamanlı tespit edilmesi, sorunlara anında müdahale edilmesini mümkün kılar. Bu sayede operasyonel kesintiler minimize edilerek verimlilik artmaktadır (Davutoğlu, Akgül ve Yıldız, 2017).

Büyük verinin etkin kullanımını destekleyen unsurlardan biri veri madenciliğidir. Veri madenciliği; büyük veri tabanları, veri ambarları ve çevrimiçi kaynaklardan toplanan verilerin analiz edilerek anlamlı ve stratejik bilgiye dönüştürülmesi sürecidir (Han, Kamber ve Pei, 2012). Bu teknik, geçmiş verilere dayalı olarak geleceğe yönelik

öngörüler üretmeye ve stratejik karar alma süreçlerini güçlendirmeye imkân tanımaktadır. Lojistik, pazarlama, bankacılık, sağlık, eğitim ve üretim gibi çok sayıda sektörde veri madenciliği; süreç optimizasyonu, maliyet azaltma ve müşteri memnuniyetinin artırılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3.5. Bulut bilişim

Bulut Bilişim (Cloud Computing), coğrafi olarak farklı bölgelerde yer alan bilgisayar sistemleri aracılığıyla veri depolama ve işlemeyi mümkün kılan dağıntık altyapıdır (Mell ve Grance, 2011).

Genel olarak bulut bilişim, internet tabanlı bilgi işlem hizmetlerini ifade eder ve bilgisayar özelliği bulunan cihazlar arasında veri akışını mümkün kılan hizmetlerin genel adıdır. Bulut teknolojisi, verilerin dünyanın farklı noktalarında bulunan sunucular üzerinde işlenmesini ve depolanmasını sağlamaktadır. Bu sayede işletmeler, tüm verilerini güvenli şekilde saklayabilir, ihtiyaç duyduklarında ise zaman ve mekân kısıtlaması olmadan bu verilere erişebilmektedir. Bu durum hem operasyonel kolaylık hem de maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca farklı veri boyutlarına göre işlem yapılabilmesi ve özel bulut yapılandırmalarının oluşturulabilmesi ve veri yönetiminde esneklik kazandırmaktadır.

Temel mantık, yazılım verilerinin yerel depolama yerine “bulut” olarak adlandırılan uzak sunucularda tutulmasıdır. Saklanan bu verilere, internet bağlantılı cihazlar üzerinden erişim sağlanabilmektedir. Bu teknoloji yalnızca son kullanıcıya hizmet sunmakla kalmaz; aynı zamanda veri merkezlerinde yer alan donanım ve sistem yazılımlarını da kapsamaktadır. Böylece, yeni internet hizmetleri geliştiren işletmeler, hizmetlerini dağıtmak veya işletmek için donanıma yüksek sermaye yatırımı yapmak zorunda kalmazlar (Vaquero, vd., 2008).

Bulut bilişim, Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerinden biri olarak, üretimden lojistiğe, sağlık hizmetlerinden havacılığa kadar pek çok sektörde dijital dönüşümün itici gücünü oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 bağlamında bulut bilişim, üretimle ilgili tesisler ve işletme sınırları arasında veri paylaşımını kolaylaştırmakta; gerçek zamanlı veri analizi ve süreç optimizasyonunu mümkün kılmaktadır. Performansı sürekli gelişen bulut tabanlı sistemler, milisaniyeler seviyesinde reaksiyon süresi sunarak makine verilerini ve işlevselliğini bulut ortamına taşımaktadır. Süreçlerin izlenmesi ve kontrol edilmesinde bulut tabanlı sistemlerin kullanımı, sanallaştırma teknolojileri ile birleşerek daha yüksek

esneklik ve ölçeklenebilirlik sağlamaktadır.

Dolayısıyla bulut bilişim, Endüstri 4.0'ın sunduğu akıllı üretim, veri odaklı karar alma ve süreç optimizasyonu hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik bir altyapı unsurudur. Bu teknoloji, yalnızca teknik bir çözüm olmanın ötesinde, dijitalleşmenin stratejik bir rekabet avantajı yaratmasına olanak tanımaktadır.

2.3.6. Yapay zeka

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilen yapay zekâ (YZ), son yıllarda teknolojik gelişmelerin odak noktasına yerleşmiş ve birçok sektörde köklü dönüşümlere zemin hazırlamıştır. Makine öğrenimi, derin öğrenme, doğal dil işleme, bilgisayarla görme ve robotik gibi alt disiplinleri kapsayan yapay zekâ teknolojileri; sağlık hizmetlerinden otomotiv sektörüne, finansal hizmetlerden eğlence endüstrisine kadar geniş bir yelpazede uygulanmaktadır. Bu teknolojiler, otomatik veri analizi, öngörücü modelleme, kişisel asistan sistemleri ve akıllı üretim çözümleri gibi uygulamalar yoluyla günlük yaşama ve endüstriyel süreçlere giderek daha fazla entegre olmaktadır.

Endüstri 4.0 bağlamında yapay zekâ, yalnızca mekanik süreçlerin otomasyonunu sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda karar alma, öğrenme ve problem çözme yeteneklerinin dijital ortama taşınmasını mümkün kılmaktadır (Davenport ve Ronanki, 2023). Bu durum, üretim hatlarında gerçek zamanlı kalite kontrol, kestirimci bakım, tedarik zinciri optimizasyonu ve müşteri talep tahminleri gibi kritik işlevlerin yüksek doğruluk ve hızla gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Yapay zekanın biyolojik sınırlamalardan bağımsız olarak insan zekâsını anlama ve taklit etme kapasitesi, Endüstri 4.0'ın hedeflediği esnek, verimli ve özelleştirilebilir üretim sistemlerinin hayata geçirilmesinde stratejik bir rol oynamaktadır. Bu sayede hem operasyonel verimlilik hem de rekabet avantajı elde edilmekte; sürdürülebilir, müşteri odaklı ve yenilikçi iş modellerinin geliştirilmesi mümkün hâle gelmektedir.

2.3.7. Yeni teknolojiler

Endüstri 4.0 kapsamında hızla gelişen teknolojilerden biri de giyilebilir cihazlardır. Bu cihazlar, bireylerin günlük yaşamda aksesuar olarak kullanabileceği, veri toplama ve iletişim gibi işlevleri yerine getiren akıllı elektronik sistemlerdir. Özellikle akıllı saatler ve bileklikler, giyilebilir teknoloji pazarının lokomotif ürünleri arasında yer almakta ve

Nesnelerin İnterneti (IoT) ekosisteminin önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

Dijital teknolojilerin gelişiminde öne çıkan diğer temel bileşen de makine öğrenmesidir. Makine Öğrenmesi (Machine Learning), önceki deneyimlerden öğrenerek belirli bir sürecin performansını artırmayı hedefleyen yöntemlerdir.

Sanal gerçeklik (Virtual Reality- VR) ise kullanıcıların üç boyutlu dijital ortamlarda etkileşim kurmasını sağlayan, gerçek yaşam senaryolarının simülasyonunu mümkün kılan bir teknolojidir. VR, pazarlama, müşteri hizmetleri, insan kaynakları, üretim, bakım- onarım, pilot eğitimi ve müşteri etkileşimi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmakta hem eğitim hem de pratik uygulama amacıyla işletmelere stratejik avantajlar sunmaktadır.

Bir diğer kritik teknoloji olan otonom robotlar, insan kontrolüne gerek kalmadan belirli görevleri yerine getirebilen akıllı makinelerdir. Montaj hatlarında, depo lojistiğinde ve askeri savunma alanında yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Bu dört teknoloji, Endüstri 4.0 ekosisteminde otomasyonun, verimlilik artışının ve dijitalleşmiş üretim süreçlerinin önemli yapı taşlarını oluşturmaktadır. Hem üretim hem de hizmet sektörlerinde rekabet avantajı yaratma potansiyeline sahip olan bu sistemler, geleceğin akıllı fabrika ve dijital iş modeli tasarımlarında kritik bir rol oynamaktadır.

3. HAVACILIK SEKTÖRÜ VE HAVACILIK İŞLETMELERİNDE DİJİTALLEŞME SÜRECİ

3.1. Havacılık Sektörünün Tanımı, Kapsamı ve Tarihsel Gelişimi

Ulaşım, toplumların ekonomik ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayan temel sistemlerden biri olarak tarih boyunca önemini korumuş; teknolojik ilerlemelerle birlikte hava, kara, demiryolu ve denizyolu gibi farklı modlar üzerinden gelişmiştir. Ulaşım modları arasında tercih yapılırken güvenlik, hız, erişilebilirlik, maliyet ve konfor gibi ölçütler belirleyici olmaktadır. Bu çerçevede hava taşımacılığı, belirli ihtiyaçlar doğrultusunda bir noktadan başka bir noktaya taşınma sağlayan hizmetler bütünü olarak ele alınmaktadır. Sivil havacılık, askeri uçuşlar dışında kalan tüm tarifeli ve tarifesiz hava taşımacılığı faaliyetlerini kapsamakta olup; iş uçuşları, özel uçuşlar, uçuş eğitimleri, hava ambulans hizmetleri, tarımsal ilaçlama, balon, paraşüt ve yelken kanat uçuşları, hava fotoğrafçılığı gibi çok çeşitli operasyonları içermektedir. Havacılık sektörü, yolcu ve kargo taşımacılığının yanı sıra genel havacılık faaliyetleri, havaalanı işletmeciliği, hava trafik hizmetleri, bakım-onarım (MRO), yer hizmetleri, eğitim ve düzenleyici/uluslararası kurumlar gibi çok sayıda bileşenin birlikte işlediği karmaşık bir endüstridir (Belobaba, Odoni ve Barnhart, 2015).

Tarihsel olarak havacılık, insanlığın uçma arzusunun teknik ve kurumsal gelişmelerle somutlaşmasıyla ilerlemiştir. Montgolfier Kardeşler'in 1783'te gerçekleştirdiği 1500 metreye ulaşan balon uçuşu erken dönem bir eşik olarak görülürken, modern havacılığın başlangıcı ise 17 Aralık 1903'te Wright Kardeşler'in motorlu ve kontrollü uçuşu ile olmuştur. 12 saniye süren bu ilk deneme, kısa süre içinde geliştirilen çift pervaneli uçaklarla 59 saniyeye ve 260 metre mesafeye ulaşarak modern havacılığın temellerini atmıştır. I. Dünya Savaşı döneminde hızla gelişen uçak teknolojisi, savaş sonrası sivil taşımacılıkta kullanılmaya başlanmış ve uluslararası yolcu seferleri görünür biçimde artmıştır (Petrescu, vd., 2017).

Uluslararası sivil havacılığın kurumsal çerçevesi açısından 1944 Chicago Konferansı uluslararası havacılığın hukuki temellerini atmıştır. Konferans sonrasında ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)'nun kurulması, uluslararası standartların geliştirilmesi, sektörün küresel düzeyde kurumsallaşmasını ve sektörde emniyet odaklı yönetişimin güçlenmesine katkı sağlamıştır. Uçak tasarımı, aerodinamik yapı ve motor gücündeki gelişmeler, sivil havacılığın ticari ölçeğe taşınmasında belirleyici olmuştur.

1950’lerde jet uçaklarının hizmete girmesi uçuş sürelerini kısaltmış, kapasiteyi artırmış; 1970’lerde geniş gövdeli uçakların yaygınlaşması uzun menzilli hava taşımacılığını daha erişilebilir kılmıştır (Belobaba, Odoni ve Barnhart, 2015). 1978’de ABD’de yürürlüğe giren Deregülasyon Yasası, havacılıkta bir dönüm noktası olmuş; rekabeti artırmış, bilet fiyatlarını düşürmüş ve özel havayolu şirketlerinin piyasaya girişini kolaylaştırmıştır. Bunun yanı sıra petrol krizleri, jeopolitik çatışmalar, 11 Eylül saldırıları ve küresel salgınlar dolayısıyla yüksek sabit maliyetler, yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalar ve emniyet baskısı sektörde geçici kırılmalara yol açmıştır (Graham ve Dennis, 2007; Yaşar ve Gerede, 2023). Özellikle 2019’da başlayan COVID-19 pandemisi, havacılık faaliyetlerinde tarihin en büyük daralmalarına neden olmaktadır (Kurnaz ve Rodrigues, 2022).

Günümüzde havacılık sektörü yalnızca bir ulaşım aracı değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma, turizm, ticaret, savunma ve diplomasi gibi alanlarda stratejik işlevlere sahip küresel bir endüstri haline gelmektedir (Altuntaş ve Kılıç, 2021).

3.2. Türkiye’de Sivil Havacılık ve Gelişimi

Türkiye’de sivil havacılığın kökenleri Osmanlı İmparatorluğu’na dayanmaktadır. 1911-1912 yıllarında ilk önce askeri alanda havacılık çalışmalarına başlanılmış olup daha sonra bugünkü adıyla “Türk Hava Kurumu” olan “Türk Tayyare Cemiyeti”nin kurulmasıyla havacılık kurumsallaşmaya başlamıştır (Korul ve Küçükönel, 2003).

1930’lu yıllarda Nuri Demirağ’ın öncülüğünde gerçekleştirilen yerli uçak üretim girişimleri ve Türk Hava Kurumu’nun faaliyetleri Türkiye’nin havacılık sanayisinde erken dönem birikimini ortaya koymaktadır. Cumhuriyet’in ilanı sonrası sivil havacılık faaliyetleri kurumsallaşmış; 1933 yılında kurulan Hava Yolları Devlet İşletme İdaresi, posta ve yolcu taşımacılığıyla faaliyetlerine başlamış; bu yapı daha sonra Türk Hava Yolları A.O.’nun kurumsal temelini oluşturmuştur. THY, 1950’lerin ortalarına kadar Devlet Havayolları Umum Müdürlüğü adıyla faaliyet göstermiştir. Aynı yıl gerçekleştirilen kurumsal düzenlemelerle THY ve havaalanı işletmeciliği alanındaki kamu yapıları ayrıştırılmış ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi kurulmuştur. Bu süreç, sivil havacılık yönetiminin modernleşmesine katkı sağlamıştır (Korul ve Küçükönel, 2003; Yaşar ve Gerede, 2023).

1983 yılına kadar sivil havacılık faaliyetleri tamamen devlet tekeli altında yürütülmüştür. 1983’te yürürlüğe giren 2920 sayılı Sivil Havacılık Kanunu ile sektörde

serbestleşme başlamış, özel sektörün ticari hava taşımacılığı faaliyetlerine katılımı mümkün hale gelmiş ve özel sektörün ulusal ve uluslararası ticari hava taşımacılığı yapmasına ve devlet hava meydanlarında işletme hakkı elde etmesine olanak tanınmaktadır. Bu kanun, havacılıkta bir dönüm noktası olmuş; rekabeti artırmış, bilet fiyatlarını düşürmüş ve özel havayolu şirketlerinin piyasaya girişini kolaylaştırmıştır. 1986'da kurulan İstanbul Havayolları, Türkiye'nin ilk özel uluslararası havayolu şirketi olmuştur. Pegasus Havayolları pazara girişiyle fiyat rekabetini artırmış, THY'de AnadoluJet markası ile düşük maliyetli taşıyıcılara yanıt vermiştir. SunExpress gibi firmalar yeni merkezler oluşturmuş, filolarını genişletmiş ve uçuş ağlarını büyütüştür. Bu dönemde havayolları yalnızca fiyat temelli rekabetle sınırlı kalmamış; yeni hizmet geliştirme, teknolojiye yatırım yapma ve stratejik ortaklık kurma stratejileriyle farklılaşmıştır. Çoklu pazar ilişkileri, pazara giriş ve çıkış kararlarını etkilerken, stratejik benzerlik firmalar arasındaki rekabeti yoğunlaştırmaktadır. Türkiye'nin stratejik konumu hem THY hem de özel havayolları için transit yolcu trafiğinde avantaj sağlamak ve yeni destinasyonların açılması ve filoların büyümesi kolaylaştırmaktadır. 1980'ler sonrasında açık semalar anlaşmaları, havayolu ortaklıkları, düşük maliyetli havayollarının yükselişi ve özelleştirmeler, küresel büyümeyi hızlandırmaktadır (Korul ve Küçükönel, 2003; Yaşar ve Gerede, 2023).

Türkiye'de 1983'te başlayan liberalleşme, 2003 sonrası dönemde ivme kazanarak sektörün hızlı büyümesine yol açmaktadır. 2003 yılında iç hatların özel havayollarına açılması, Türkiye'de sivil havacılıkta rekabet yapısını köklü biçimde değiştirmektedir. Bu dönemde düşük maliyetli taşıyıcı modeli yaygınlaşmış; fiyat rekabeti, hizmet çeşitliliği ve uçuş ağı genişlemesi hız kazanmaktadır (Yaşar ve Gerede, 2023).

Bugün itibarıyla Türk sivil havacılığı, 1933–1983 arası devlet tekeli, 1983–2003 arası kademeli serbestleşme ve 2003 sonrası tam rekabet dönemi olmak üzere üç temel evrede şekillenmektedir. Stratejik yatırımlar, liberal politikalar, dijitalleşme süreçleri ve Türkiye'nin stratejik coğrafi konumu, ülkeyi küresel havacılıkta önemli bir oyuncu haline getirmektedir.

3.3. Havacılık Sektöründe Dijitalleşme ve Dönüşüm Süreci

Havacılık sektörü, dijital dönüşümün yoğun ve hızlı yaşandığı alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Dijital dönüşüm havacılık sektöründe sadece teknolojik bir yenilenme değil, aynı zamanda stratejik bir yeniden yapılanma sürecidir. Bu süreç, operasyonel

verimliliği artırmanın ötesinde, müşteri deneyimini kişiselleştirmekte, sürdürülebilirliği desteklemekte ve rekabet avantajı yaratmaktadır. Havacılık endüstrisi, dijital dönüşüm süreciyle birlikte yönetim modellerinin, organizasyonel yapıların, karar alma mekanizmalarının ve kurumsal kültürünün dijital temellere dayandırılmasını da içeren çok boyutlu bir dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Sektörün gelişimi yalnızca ulaştırma politikaları ile sınırlı olmayıp, dijital ekonomi stratejileri, insan kaynakları planlaması ve yatırım teşvikleri gibi unsurlarla da doğrudan ilişkilidir. Dijitalleşme, özellikle sivil havacılıkta artan rekabet, güvenlik gereklilikleri ve müşteri beklentileri, dijital çözümlerin stratejik bir zorunluluk haline gelmesine neden olmuştur. Havacılık sektörü, teknolojik gelişmelere yüksek adaptasyon kapasitesi sayesinde, havayolu işletmeleri ve havalimanlarının yeni teknolojilerin öncü kullanıcıları arasında yer almasını sağlamaktadır (Meydan, 2023; Poulaki ve Katsoni, 2020).

Dijital dönüşüm süreci, güvenliğin güçlendirilmesi ve maliyetlerin azaltılması gibi çok boyutlu hedefleri de kapsamaktadır. Bu kapsamda, havayolu işletmeleri ve havalimanları; akıllı havalimanı sistemleri, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (YZ), büyük veri analitiği, biyometrik geçiş sistemleri ve dijital ikiz teknolojileri gibi çözümleri operasyonlarına entegre etmektedir. Dijitalleşme; rezervasyon ve biletleme sistemlerinden uçuş operasyonlarına, bakım planlamasından bagaj yönetimine kadar havacılığın tüm işlevsel alanlarını dönüştürmektedir (Artar ve Türkay, 2021; Meydan, 2023; Poulaki ve Katsoni, 2020).

Müşteriyle dijital etkileşimin artırılması ve kişiselleştirilmiş hizmet sunumu, dijital dönüşümün yolcu memnuniyetine doğrudan etkilerini ortaya koymaktadır. Sektör genelinde dijitalleşme, müşteri deneyiminin yeniden tasarlanmasına da öncülük etmektedir. Self-servis check-in kioskuları, mobil biniş kartları, kişiselleştirilmiş rezervasyon sistemleri ve dijital iletişim kanalları sayesinde yolcular, uçuş öncesinden varış sonrasına kadar bütünleşik bir hizmet süreci yaşamaktadır. Bu gelişmeler, hizmet kalitesini artırmanın yanı sıra, havayolu markalarının müşteri sadakatini güçlendirmesine de katkı sağlamaktadır. Ayrıca dijitalleşme yalnızca yolcu taşımacılığında değil, hava kargo operasyonlarında da köklü bir dönüşüm yaratmaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi tabanlı sistemler, yük rotalarının optimize edilmesi, sevkiyat planlamasının iyileştirilmesi ve akıllı depo yönetimi gibi alanlarda etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Bu sayede kargo süreçleri daha hızlı, daha güvenli ve daha ekonomik hale gelmekte; tedarik zincirinde gerçek zamanlı takip ve şeffaflık sağlanmaktadır (Meydan, 2023;

Poulaki ve Katsoni, 2020)

Günümüzde dijitalleşme, Havacılık 4.0 yaklaşımıyla birlikte siber-fiziksel sistemlerin entegrasyonunu, otomasyonun güvenlik amaçlı kullanımını ve insan temasının azaltılmasını hedefleyen bir yapıya evrilmektedir. Bu çerçevede biyometrik geçiş sistemleri, e-bag çözümleri, kendi kendine check-in ve dijital ikiz uygulamaları hem operasyonel verimliliği hem de yolcu deneyimini iyileştiren yenilikler arasında öne çıkmaktadır. Havacılık 2.0 döneminde mekanik sistemlerin yerini elektrikli cihazlar almış, otopilotlar, hava durumu radarları ve aletli iniş sistemleri (VOR, ILS) gibi güvenliği artıran yenilikler ortaya çıkmaktadır. Havacılık 3.0 ile kokpitlerde analog göstergeler yerini dijital ekranlara bırakmıştır. Havacılık 4.0 ise; siber-fiziksel sistemler, büyük veri ve yapay zekâ ile bütünleşmiş, yüksek otonomiye sahip yeni bir dönemi başlatmıştır. Havacılık 4.0 yaklaşımıyla birlikte siber-fiziksel sistemlerin entegrasyonu, yüksek otomasyon düzeyi ve veri temelli karar alma süreçleri sektörün geleceğini şekillendirmektedir (Artar ve Türkay, 2021; Mızrak, 2024).

Dijitalleşme ile; IoT, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) gibi ileri teknolojiler, havalimanı altyapısının verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. IoT, pist altyapısında en uygun bileşenlerin belirlenmesi için çeşitli senaryoların test edilmesine imkân tanırken; BIM, dijital veri akışlarını entegre ederek pist yönetim süreçlerini iyileştirmektedir. Günümüzde yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), biyometrik sistemler ve dijital ikiz teknolojileri; havayolu işletmeleri ve havalimanlarının operasyonel süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir (Artar ve Türkay, 2021).

Özellikle COVID-19 pandemisi sonrası dönemde hız kazanan dijitalleşme, havayolu işletmelerinde rekabet gücünü ve sürdürülebilirliği doğrudan etkileyen stratejik bir unsur haline gelmektedir. Ayrıca temassız hizmetler, biyometrik geçişler ve otomasyon çözümleri ön plana çıkmış; dijitalleşme, krizlere dayanıklılığı artıran bir araç olarak işlev görmüştür (Kurnaz ve Rodrigues, 2022).

Sektördeki dijital dönüşüm aynı zamanda yeni iş birliği modellerini de beraberinde getirmiştir. Havayolu ittifakları ve stratejik ortaklıklar, dijital altyapıların paylaşılmasıyla operasyonel maliyetleri azaltmakta ve uçuş ağlarının genişletilmesine olanak sağlamaktadır. Bu tür iş birlikleri, inovasyon kültürünü destekleyerek firmalara esneklik kazandırmakta ve küresel rekabet ortamında sürdürülebilir büyüme avantajı yaratmaktadır (Meydan, 2023; Poulaki ve Katsoni, 2020).

Sektör genelinde dijitalleşme seviyeleri ülkeler ve işletmeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Yüksek yatırım maliyetleri, standartlaşma eksiklikleri ve personel yetkinlikleri, dijitalleşmenin yaygınlaşmasının önünde engel teşkil etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kamu politikalarının destekleyici olması, dijitalleşme sürecinin hızlandırılması açısından kritik önem taşımaktadır (Mızrak, 2024).

3.4. Havacılık Sektöründe Dijitalleşmenin Uygulama Alanları

Havacılıkta dijitalleşme hem havayolu işletmeleri hem de havalimanı işletmeleri açısından operasyonel süreçlerden müşteri deneyimine kadar geniş bir yelpazede uygulama alanına sahiptir. Bu uygulamalar, teknolojinin sağladığı hız, güvenilirlik ve veri analitiği kapasitesi sayesinde sektöre stratejik avantajlar kazandırmaktadır.

3.4.1. Operasyonel süreçler ve altyapı yönetimi

Dijitalleşme, uçuş planlaması, filo yönetimi, yakıt optimizasyonu, hava trafik kontrolü ve bagaj operasyonları gibi temel süreçlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sensörler, pist ve terminal operasyonlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlamakta; tahmine dayalı bakım sistemleri ise arıza risklerini minimize ederek operasyonel sürekliliği artırmaktadır. Bununla birlikte Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Havalimanı Pist Yönetim Sistemleri (APMS) gibi çözümler, altyapı yönetiminde verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlamaktadır (Álvarez, vd., 2021).

3.4.2. Akıllı havalimanı uygulamaları

Akıllı havalimanı sistemleri, yolcu deneyimini geliştirmek ve operasyonel verimliliği artırmak amacıyla dijital dönüşüm sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. IoT, yapay zekâ, sensör teknolojileri, dijital ikiz ve büyük veri analitiği gibi ileri teknolojilerle entegre edilen bu sistemler; yolcu yoğunluğunun gerçek zamanlı takibi, biyometrik geçiş kontrolü, bagaj izleme, dijital tabela ve iç mekân yönlendirme gibi çözümler sunmaktadır. Bu uygulamalar, operasyonel süreçlerde hız, doğruluk ve güvenlik sağlarken, yolcu memnuniyetini artırmaktadır. Self-servis check-in kioskları, hızlı biniş sistemleri, mobil uygulamalar, RFID bagaj takibi ve akıllı park sistemleri gibi çözümler hem yolcu deneyimini hem de operasyonel verimliliği artırmaktadır (Kovynyov ve Mikut, 2019). Bu dönüşüm ayrıca havalimanı yönetim anlayışını ve insan kaynağı yapısını da değiştirmektedir. Dijitalleşme süreci; organizasyonel sınırların yeniden tanımlanmasını,

yeni iş modellerinin geliştirilmesini ve çalışanların dijital becerilerle donatılmasını zorunlu kılmaktadır (Zaharia ve Pietreanu, 2018).

"Havaalanı 4.0" yaklaşımı, tüm paydaşlarla bağlantılı, siber güvenlik politikaları doğrultusunda gerçek zamanlı ve esnek yönetim yapılarının kurulmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda hava kargo operasyonlarının dijitalleşmesi, enerji ve veri yönetiminde akıllı sistemlerin stratejik kullanılması, kestirimci bakım uygulamaları nitelikli personel istihdamı ve dijital kültürün kurumsal yapıya entegre edilmesi ön plana çıkmaktadır.

Teknolojinin sağladığı kolaylıklar seyahatin tüm aşamalarına yayılmış durumdadır. Havalimanı yönetimleri ise bu teknolojiler aracılığıyla yolcu yoğunluğunu öngörerek akış planlaması yapabilmekte ve kapasite yönetimini optimize edebilmektedir. Bununla birlikte, değer zinciri boyunca veri toplama ve analiz yeteneklerinin geliştirilmesi, uzun vadede geri dönüş sağlayacak yatırımlar olarak görülmektedir.

3.4.2.1. Akıllı check-in ve self-boarding sistemleri

Yolcular, web, mobil uygulamalar, kişiselleştirilmiş yöntemler ve bilgisayar tabanlı kioskler aracılığıyla check-in işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu sistemler, yer hizmetleri personeli ihtiyacını azaltarak hem maliyetleri hem de insan hatasını en aza indirmektedir. Önceden yolcular, kendi yolcuları oldukları bazı havayollarına özel kioskler kullanırken, günümüzde akıllı havalimanları sayesinde ortak kiosk altyapısı kullanılabilir. Böylece, farklı kontuar tahsisi gerekliliği ortadan kalkmakta, terminal alanı daha verimli kullanılmakta ve maliyet paylaşımı kolaylaşmaktadır.

Self-boarding uygulamalarında, yolcuların RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisiyle insan kontrolü olmadan uçağa binmeleri sağlanmakta ve insan müdahalesi sadece denetleme amacıyla yapılmaktadır (Kovynyov ve Mikut, 2019).

3.4.2.2. Havaalanında biyometrik sistemler

Biyometrik sistemler, kullanıcıların parmak izi, yüz, iris gibi fiziksel özelliklerine dayalı kimlik doğrulamasını sağlayan ileri teknoloji çözümleridir. Günümüzde bu sistemler, havaalanı geçişlerinden e-imzaya, internet bankacılığında sigorta işlemlerine ve güvenlik sistemlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Havacılık sektöründe ise biyometrik sistemlerin özellikle güvenlik ve geçiş noktalarında yaygınlaşması dikkat çekmektedir. Hava yolu seyahatlerinde yolcuların kimliklerinin doğru şekilde doğrulanması, uçuş güvenliği açısından kritik önem taşır. Biyometrik

seyahat belgeleri, her yolcuyu bireysel olarak tanımlayarak kimlik doğrulama süreçlerinin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu sayede, uçağa binen kişinin check-in işlemini gerçekleştiren kişiyle aynı olduğu kolayca teyit edilebilmektedir. Check-in noktalarında kullanılan akıllı görüntü izleme sistemleri, yolcuların parmak izi ve yüz tanıma gibi biyometrik verilerini alarak, sınır kontrolünde seyahat belgeleri ile çapraz doğrulama yapılmasına imkân tanımaktadır. Biniş sürecinde ise yolcular, akıllı biniş kartı ve biyometrik doğrulama sayesinde kapılara hızlı ve güvenli biçimde erişebilmektedir. Akıllı havalimanlarının büyük çoğunluğu, yolcu konforunu ve süreç verimliliğini artırmak, insan müdahalesini en aza indirmek ve doğruluk oranlarını yükseltmek amacıyla bu teknolojiyi benimsemektedir. Ayrıca, biyometrik sistemler sayesinde elde edilen veri setleri, yapay zekâ destekli karar mekanizmalarına entegre edilerek operasyonel optimizasyon sağlanmaktadır (Kovynyov ve Mikut, 2019).

3.4.2.3. Bagaj yönetimi

Akıllı havalimanları, bagaj yönetiminin otomasyonunu sağlamak ve operasyonel verimliliği artırmak amacıyla gelişmiş dijital sistemler kullanmaktadır. RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisi, barkodların aksine doğrudan görüş hattı gerektirmeden bagajın uzaktan tanımlanmasına olanak sağlamakta; konum belirleme, yanlış yönlendirmeleri önleme ve çevresel bilgilerin izlenmesi gibi işlevler sunmaktadır. Bu sayede manuel denetim ihtiyacı azalmakta, yolcular kalkış terminalindeki bagaj bırakma makinelerini kullanarak kendi bagajlarını etiketleyebilmekte ve yer hizmetleri personelinin iş yükü hafiflemektedir (Kovynyov ve Mikut, 2019).

Kayıp bagaj yönetiminde de dijitalleşmeden faydalanılmaktadır. RFID destekli takip sistemleri, yolcunun bağlantı sürecinde veya varışta bagajını anlık olarak takip etmesini mümkün kılmaktadır. Kayıp bagaj kioskuları, küresel hava yolu ve havalimanı ağına entegre çalışarak yolcuların cep telefonları üzerinden bagaj durumunu görüntülemesini sağlamaktadır. Ayrıca yolcular, biniş kartlarını taratarak bagaj içeriğine ilişkin kısa bilgileri sisteme ekleyebilmekte ve ilgili havayoluna doğrudan iletebilmektedir (Shehie, vd., 2016).

3.4.2.4. Havalimanı içi yön bulma ve mobil uygulamalar

Havalimanına ilk kez gelen yolcular, iç mekân haritaları veya havalimanı mobil uygulamaları aracılığıyla terminal içindeki konumlarını kolayca bulabilmektedir. Bu

akıllı uygulamalar, yolcuları yer hizmetleri personeline ihtiyaç duymadan, bagaj indirme işleminden sonra yolcuyu güvenlik kontrolü ve pasaport işlemleri gibi süreçler boyunca havalimanı formalitelerini tamamlamaya yönlendirmekte ve geleneksel yön tabelalarına olan bağımlılığı da azaltmaktadır (Kovynyov ve Mikut, 2019).

3.4.2.5. Giyilebilir teknolojiler ve havacılıkta kullanım alanları

“Giyilebilirlik” kavramı, vücuda takılabilen, kolay taşınabilir ve akıllı özellikler barındıran aksesuarlar veya kıyafetler şeklinde tanımlanmakta olup, bireylerin istek ve ihtiyaçlarına anlık tepki veren, yaşamı kolaylaştıran ve kullanıcı kontrolünü artıran çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Giyilebilir teknoloji, kullanıcının davranışlarını elde ettiği veriler aracılığıyla algılayarak yanıt verebilen, aynı ağ üzerinden bağlı çalışan cihazlar olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta akıllı telefon ve akıllı saatlerle öne çıkan bu teknoloji, günümüzde akıllı bileklikler, akıllı gözlükler ve akıllı giysiler gibi birçok formda uygulanmaktadır (Ghazal, Haneefa ve Sweleh, 2016).

Giyilebilir cihazlar yolcu deneyiminin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Akıllı saatler, uçuş gecikmeleri, kapı değişiklikleri veya anlık duyurular gibi bilgileri yolculara ileterek seyahat deneyimini kolaylaştırmaktadır. Yer hizmetleri personeli de bu cihazlar aracılığıyla yolculara doğrudan erişerek işlem sürelerini kısaltmakta ve hizmet kalitesini artırmaktadır. Ayrıca elektronik el bantları, Bluetooth özellikli giyilebilir cihazlar, akıllı gözlükler, kulaklıklar ve sensörlü aksesuarlar, yolculara havalimanı formaliteleri, kapı değişiklikleri, duty-free mağazalarındaki indirimler ve restoran fırsatları hakkında anlık bilgilendirme sağlamaktadır. Bu cihazlar aracılığıyla sağlanan gerçek zamanlı seyahat bilgileri, terminal girişinden veya iniş yapan uçakların taksi sürecinden itibaren yolcuların erişimine sunulmaktadır. Ek olarak havacılık sektöründe giyilebilir teknolojiler; güvenlik, bakım ve operasyonel faaliyetler başta olmak üzere farklı alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle bakım operasyonlarında akıllı gözlükler, uçak yüzeyine fiziksel temas gerektirmeden teknik talimatların uygulanmasına olanak tanımakta; teknik personel, uzaktan canlı görüntü aktarımı ile problemlere hızlı çözümler geliştirebilmektedir. Bunun yanı sıra akıllı saat veya kola takılan cihazlar aracılığıyla uçak parçası bilgilerine anında erişim sağlanarak planlı bakım süreçlerinin verimliliği artırılmakta ve operasyon süreleri kısalmaktadır (Kovynyov ve Mikut, 2019).

3.4.3. Personel yetkinlikleri ve eğitimi

Dijital dönüşüm, yalnızca teknolojik altyapıyı değil, aynı zamanda iş gücü yapısını da köklü biçimde dönüştüren bir süreçtir. Dijital yetkinliklerin artması, çalışan profillerinin yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmakta; havacılık sektörü hızla daha otomatikleşmiş bir iş ortamına evrilmektedir (Tan ve Masood, 2021). Bu dönüşüm sürecinde insanın rolü kaçınılmaz olarak değişmekte hem organizasyonel hem de operasyonel düzeyde yeni beceri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Değişimin yarattığı bu yeni ihtiyaçların karşılanabilmesi için teknik becerilerin yanı sıra yaratıcılık, eleştirel düşünme ve etkili iletişim gibi yumuşak becerilerin geliştirilmesine yönelik eğitim programları kritik önem taşımaktadır. Ancak, bu süreç önceden doğru öngörülemese, çalışanlar görevlerini yerine getirirken ihtiyaç duydukları yetkinliklerin eksikliğini hissedebilir ve işverenler bu eksikliği geç fark edebilir. İnsan-makine etkileşiminin aynı zamanda psikososyal etkilerini de dikkate almak gerekmektedir. Zira tanıdık bir çalışma ortamında yaşanan radikal değişimler organizasyon içinde belirsizlik yaratabilmektedir ve bu belirsizlikler zamanında yönetilmezse, çalışanlarda stres ve kaygı seviyelerini yükseltebilmektedir (Ashford, 1988).

İnsan kaynakları yönetimi, bu dönüşüm sürecinde çalışanların dijital sistemlere uyumunu sağlamak üzere yeniden yapılandırılmaktadır. Eğitim, dijital okuryazarlık ve kurum kültürünün güçlendirilmesi bu uyum sürecinin temel unsurları arasında yer almaktadır (Tan ve Masood, 2021). Personelin yeni teknolojilere adaptasyonu, kurumların dijitalleşme başarılarında belirleyici bir faktördür. Simülasyon, sanal gerçeklik ve dijital ikiz teknolojileri; pilot, teknisyen ve yer hizmetleri personelinin eğitiminde etkin olarak kullanılmaktadır (Yavaş, 2022). Bu teknolojiler, gerçek riskleri ortadan kaldırarak maliyet etkin ve güvenli bir eğitim ortamı sunmaktadır.

Dijital dönüşüm süreci havacılık sektöründe yalnızca mevcut iş kollarını dönüştürmekle kalmamakta, aynı zamanda yeni meslek alanları ve nitelikler de yaratmaktadır. Bu durum, geleneksel havacılık eğitimi ile sınırlı kalmayan, özel beceriler ve yeni talepler üzerine inşa edilmiş bütüncül bir mesleki yol haritası gerektirmektedir (Zaharia ve Pietreanu, 2018).

3.4.4. Yolcu deneyimi ve müşteri hizmetleri

Dijital dönüşüm, havacılık sektöründe hem havayolu işletmelerinin hem de

havalimanlarının faaliyet biçimlerini köklü şekilde değiştirmekte ve mobil teknolojiler aracılığıyla yolcu deneyimini yeniden şekillendirmektedir. Mobil uygulamalar aracılığıyla uçuş bilgilerine anlık erişim, self-check-in kioskaları, yüz tanıma sistemleri, dijital biniş kartları, bagaj takibi ve uygulama kontrollü uçak içi eğlence sistemleri gibi uygulamalar müşteri memnuniyetini artırmakta; aynı zamanda sadakat oranlarını yükseltmektedir. Dijital hizmet değerlendirmesinde göreceli avantaj, denenebilirlik, kullanım kolaylığı, uyumluluk ve gözlenebilirliktir. Günlük yaşamda dijital cihazların yaygınlaşması, işletmelerin iş yapma modellerini ve tüketiciye ulaşma stratejilerini doğrudan etkilemektedir. (Baird ve Raghu, 2015).

Teknolojik hazıroluşluk, dijital hizmetlerin benimsenmesinde katalizör rolü oynamaktadır. Bu kavram, tüketicilerin teknolojiye yönelik algıları, kullanım istekliliği ve yenilikçilik düzeyleri ile yakından ilişkilidir. Araştırmalar, teknolojik hazıroluşluğun müşteri deneyimi üzerindeki etkisini düzenlediğini göstermektedir (Poushneh ve Vasquez-Parraga, 2018). Ancak teknolojik hizmetlerin benimsenmesinde algılanan risk, güven eksikliği ve hizmetin doğru tanıtılamaması gibi faktörler engel teşkil edebilmektedir (Meuter, vd., 2003). Bu nedenle havacılık işletmelerinin, teknoloji tabanlı hizmetlerin faydalarını açık ve etkili iletişimle aktarması gerekmektedir.

Dijital dönüşüm, havacılık işletmelerinde kriz yönetiminin hızlanması ve gelir artışı gibi ticari kazanımlar sunan müşteri memnuniyetini destekleyen uzun vadeli stratejik bir yatırım olarak değerlendirilmektedir.

3.4.5. Dijital ikiz teknolojisinin havacılık sektöründeki kullanımı

Havacılık sektöründe dijital ikiz uygulamaları, bakım ve onarım faaliyetlerinden canlı operasyon takibine, risk analizlerinden operasyonel verimlilik değerlendirmelerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu sayede iş gücü ve zaman tasarrufu sağlanırken, uçak yapısal ömrünün tahmin edilmesi, arıza yerinin belirlenmesi ve bakım planlamalarının optimize edilmesi mümkün olmaktadır (Augustine, 2020).

Dijital ikiz teknolojisi, yolcu deneyimini de dönüştürmektedir. Yolcular, havalimanına geldiklerinde sanal olarak terminal içinde gezinti yapabilmekte, uçuş saatine kadar dijital etkinliklere katılabilmekte, uçuş kapılarına yönlendirilebilmekte ve robotik hizmetlerden faydalanabilmektedir (Yavaş, 2022). Havalimanlarında sanal tur, rehberlik, yönlendirme ve eğlence hizmetleri sunmak için dijital ikiz tabanlı sistemler uygulanmakta, bu da kullanım kolaylığı ve kişiselleştirilmiş hizmet imkânı

sağlamaktadır.

Büyük veri ile bütünleşmiş çalışabilen dijital ikizler, uçuş verilerinden yolcu davranışlarına, bagaj teslim bilgilerinden uçuş içi satışlara kadar çok çeşitli veri setlerini işleyerek stratejik avantajlar sunmaktadır (Türkay ve Artar, 2021).

3.4.6. Güvenlik ve risk yönetimi

Dijitalleşmenin artmasıyla birlikte siber güvenlik havacılık sektöründe kritik bir öncelik haline gelmiştir. Dijitalleşme, güvenlik süreçlerini hızlandırmanın yanı sıra insan hatasını azaltmakta ve riskleri önleyici tedbirler sunmaktadır.

Teknolojik gelişmeler, havacılık güvenliği, verimliliği ve yolcu memnuniyetini iyileştirmektedir. Ancak uçuş operasyonları, uçak sistemleri, rezervasyon sistemleri, kargo yönetimi, yolcu kabul ve tahliye, hava trafik yönetim sistemleri ve seyrüsefer sistemleri gibi birçok kritik alanın birbirine entegre çalışması, bu sistemleri siber saldırılara karşı savunmasız hale getirmektedir. Bu bağlamda veri sunucuları, uçuş operasyonlarını destekleyen koordinasyon sistemleri, uçuş sırasında çalışan eğlence sistemleri gibi bileşenlerin güvenliği hayati önem taşımaktadır (Kagalwalla ve Churi, 2019).

Bu nedenle siber olayların etkisini en aza indirmek ve operasyonların hızla yeniden başlamasını sağlamak için; yetkisiz erişim, sistem müdahaleleri ve veri ihlallerine karşı güçlü siber güvenlik önlemleri, yolcu bilgileri ve uçuş planları gibi hassas verilerin korunması amacıyla gelişmiş tehdit istihbaratı araçları, sürekli izleme sistemleri, çok aşamalı kimlik doğrulama vb. çözümler gereklidir (Nobles, vd., 2022). Ayrıca personelin farkındalığını artırmak amacıyla düzenli eğitim programları yürütülmesi, yalnızca güvenlik süreçlerini hızlandırmakla kalmayıp, insan hatasını azaltarak risklerin proaktif şekilde yönetilmesine katkı sunmaktadır.

3.4.7. Veri analitiği ve büyük verinin havacılık sektöründe kullanımı

Veri bilimi ve analitiğin yaygınlaşması, karar alma, tahminleme ve ağ yönetimi gibi alanlarda performans artışı sağlamaktadır (Dou, 2020). Havacılık sektörü de Endüstri 4.0 bileşenlerinden biri olan büyük veriyi operasyonel süreçlerine entegre ederek verimlilik, güvenlik ve emniyet artışı hedeflemektedir (Artar ve Türkay, 2021).

Büyük veri uygulamaları, havayolu şirketlerinin operasyonel kararlarını daha isabetli hale getirmekte ve özellikle tahmine dayalı bakım, yolcu davranış analizi ile uçuş

emniyeti gibi alanlarda kritik rol oynamaktadır (Miltiadou, vd., 2020). Uçuş kayıtları, yolcu profilleri, hava durumu raporları, güvenlik bilgileri gibi verilerinin analiz edilmesi sayesinde fiyatlandırma, kapasite yönetimi, talep tahmini ve gelir optimizasyonu gibi stratejik kararlar alınabilmektedir. Tahmine dayalı analiz, bakım süreçlerini optimize ederek operasyonel verimliliği artırırken, yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları rota optimizasyonu ve gecikme tahmini gibi konularda performansı yükseltmektedir.

3.4.8. Havacılık sektöründe yapay zeka

Gelişen teknoloji, havacılık sektörünü sürekli yeniliğe ayak uydurmak zorunda bırakmaktadır. Bu teknolojiler arasında yer alan yapay zekâ (Artificial Intelligence- AI), günümüz dünyasında olduğu gibi havacılık endüstrisinde de kritik bir rol oynamaktadır.

Yapay zekâ; havacılıkta büyük veri analizi, makine öğrenmesi ve otomasyon gibi yetenekleri sayesinde uçuş güvenliğinden operasyonel verimliliğe, müşteri deneyiminden bakım süreçlerine, rota optimizasyonundan personel eğitime kadar pek çok alanda devrim niteliğinde gelişmeler sunmaktadır (Coşgun ve Kurubacak, 2022).

Yapay zekâ destekli bakım sistemleri, potansiyel problemleri ortaya çıkmadan tespit ederek arıza sürelerini ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır. Büyük veri ve makine öğrenmesi algoritmaları, rota optimizasyonu ve gecikme tahmininde yüksek doğruluk sağlamaktadır. Tahmine dayalı sistemler sayesinde bakım süreçleri daha öngörülebilir hale gelmekte ve operasyonel kesintiler azalmaktadır. Makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve bilgisayarla görme gibi araçların entegrasyonu, havacılık profesyonellerinin eğitiminde yeni gereksinimler doğurmaktadır (Lebedev ve Kulida, 2021). Ayrıca yapay zekânın havacılıktaki yaygınlaşması, sektör çalışanlarının bu teknolojilere yönelik yetkinlikler kazanmasını gerektirmektedir (Kashyap, 2019).

Uçuş rotalarının optimize edilmesi, yakıt tüketiminin azaltılması, yer hizmetlerinin iyileştirilmesi ve yolcu taşıma kapasitesinin artırılması gibi süreçler, yapay zekâ desteğiyle daha verimli hale gelmektedir (Artar ve Türkay, 2021). Böylece hem maliyetler düşmekte hem de havacılığın çevresel etkileri azaltılabilmektedir. Covid-19 sonrasında maliyetleri azaltma amacıyla yolcu akışı yönetimi ve kaynak tahsisi gibi alanlarda yapay zekâ destekli akıllı sistemler kullanılmaktadır (Bahadır ve Şahin, 2023).

Müşteri memnuniyetine odaklanan yapay zekâ çözümleri; tatmin düzeyi, alışkanlıklar ve beklentiler gibi unsurları analiz ederek uçuş deneyimini kişiselleştirmekte ve konforu artırmaktadır. Ayrıca, sanal asistanlar ve kişiselleştirilmiş

hizmetler, müşteri deneyimini zenginleştirmektedir (Dey ve Shukla, 2020).

AI, mevcut uçuş verilerini analiz ederek olası riskleri öngörme ve önleme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, uçuş sistemlerindeki potansiyel arızaları önceden tespit ederek bakım ekibini uyaran algoritmalar, uçuş güvenliğini güçlendirmektedir.

Yapay zekâ uygulamaları, veri gizliliği, siber güvenlik, sistem güvenilirliği, etik sorunlar ve istihdam üzerindeki etkiler gibi çeşitli riskleri de beraberinde getirmektedir (Tidjon ve Khomh, 2022). Bu nedenle, havayolu şirketleri ve düzenleyici kurumlar potansiyel tehditleri azaltmak için stratejik önlemler geliştirmektedir.

3.5. Havacılık Sektöründe Dijitalleşme ve Sürdürülebilirlik İlişkisi

Havacılık sektörü, yüksek enerji tüketimi, karbon salımı ve atık üretimi nedeniyle küresel sürdürülebilirlik gündeminin önemli bir parçasıdır. Dijitalleşme, bu sektörde yalnızca operasyonel verimlilik ve maliyet avantajı sağlamakla kalmayıp çevresel etkilerin azaltılmasında da kritik bir rol oynamaktadır.

Sürdürülebilirlik; toplumların büyüme hızı ile kaynak tüketimi arasındaki dengeyi ifade etmektedir. Doğal kaynakların yenilenmesinden hızlı tüketimi, uzun vadede sürdürülemez kalkınmaya yol açmaktadır (Akande, vd., 2019). Bu noktada dijital teknolojiler; kaynak verimliliği, emisyon izleme, operasyon optimizasyonu ve atık yönetimi konularında önemli katkılar sunmaktadır.

Dijitalleşme, bulut sistemleri, yapay zekâ, IoT, büyük veri gibi araçlarla işletmelere kaynak verimliliği ve otomasyon imkânı sağlamaktadır. Dijital teknolojiler, çevre dostu iş modellerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Karbon dengeleme programları, yolcuların bilet alımı sırasında çevresel projelere katkı sağlayacak şekilde ek ücret ödemesini mümkün kılan dijital platformlar aracılığıyla uygulanmaktadır. Bu uygulamalar hem çevresel sorumlulukların yerine getirilmesini hem de marka imajının güçlenmesini desteklemektedir. Yapay zekâ tabanlı rota optimizasyonu, uçakların daha kısa mesafelerde ve yakıt verimliliği yüksek şekilde uçuşmasını sağlayarak karbon emisyonlarını azaltmaktadır (Paprocki, 2021).

IoT tabanlı sensörler, bakım ve temizlik faaliyetlerinin yalnızca ihtiyaç duyulduğunda yapılmasını sağlayarak su ve enerji kullanımını optimize etmektedir. Dijital izleme sistemleri, havalimanı operasyonlarında oluşan atıkları türlerine göre sınıflandırmakta ve geri dönüşüm süreçlerini hızlandırmaktadır. Akıllı havalimanı yönetim sistemleri, terminal içi enerji kullanımını gerçek zamanlı olarak izleyerek

gereksiz tüketimi engellemektedir (Gürsel, Demir ve Rodoplu, 2023). Dijital biletleme ve mobil check-in uygulamaları, kâğıt tüketimini minimuma indirerek doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmaktadır.



4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

4.1. Nitel Araştırma Yaklaşımı

Bu çalışma, dijitalleşmenin havacılık işletmeleri üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemek amacıyla nitel araştırma yaklaşımı ile yürütülmüştür. Nitel araştırmalar, olguları ve olayları doğal ortamlarında anlamlandırmayı ve yorumlamayı hedefleyen, esnek ve keşif odaklı yöntemlerdir (Yıldırım ve Şimşek, 1999). Bu yaklaşım, özellikle kurumların deneyimlerini, algılarını ve gerçekliklerini ayrıntılı biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Busetto, Wick ve Gumbinger'e (2020) göre nitel araştırma, sosyal olguların doğasını, ortaya çıktıkları bağlamı ve algılanabilecekleri perspektifleri analiz ederek anlam üretmektedir. Nicel araştırmalardan farklı olarak, önceden belirlenmiş hipotezlerden ziyade, verilerden anlamların keşfedilmesine odaklanmaktadır. Bu nedenle araştırma süreci, katılımcıların deneyimlerinin ve bakış açılarının ayrıntılı olarak incelenmesine imkân tanımaktadır (Busetto, Wick ve Gumbinger, 2020).

Nitel araştırma yönteminde amaç, sayısal ölçümler yapmak değil, çalışılan olguya ilişkin anlamlı ve bütüncül bir anlayış geliştirmektir (Yıldırım ve Şimşek, 1999). Yöntem, olayların bağlam içinde anlaşılmasına, derinlemesine betimlenmesine ve yorumlanmasına olanak tanımaktadır ve verilerden temalar ve kavramlar geliştirilmektedir.

Bu çalışmada nitel yöntemin tercih edilmesinin temel nedeni, dijitalleşmenin havacılık sektöründeki etkilerini yalnızca istatistiksel göstergelerle değil, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ), Türk Hava Yolları (THY) ve İstanbul Havalimanı (İGA) örnekleri üzerinden stratejiler, operasyonel süreçler, deneyimler, sürdürülebilirlik, finansal etkiler, insan kaynakları ve kurumsal yapı bağlamında anlamaktır. Yorumlayıcı paradigmaya dayanan bu yaklaşım, araştırmacının olgulara derinlemesine nüfuz etmesini sağlayarak, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerini bütüncül bir çerçevede değerlendirmeye olanak tanımaktadır.

4.1.1. Durum çalışması

Bu araştırmada, dijitalleşmenin havacılık sektörüne etkilerini derinlemesine incelemek amacıyla durum çalışması (case study) yöntemi benimsenmiştir. Durum çalışması, belirli bir olgu, olay, süreç, birey ya da grubun kendi gerçek yaşam bağlamı

içerisinde çok yönlü incelenmesine olanak tanıyan bir nitel araştırma yöntemidir (Yin, 2014). Bu yöntem, özellikle çok boyutlu olguların yorumlanmasında tercih edilmekte ve bağlamsal derinlik sunmaktadır.

Tarihsel olarak, durum çalışması yaklaşımı 20. yüzyılın ilk yarısında sosyoloji ve antropoloji alanlarında gelişen “natüralistik araştırma” geleneğine dayanmaktadır. Bu gelenek, olgu ve olayların doğal ortamında, kontrol ve müdahale olmaksızın gözlemlenmesini ve bağlam içinde anlamlandırılmasını esas almaktadır (Tisdell, vd., 2025). Günümüzde ise durum çalışması, sosyal bilimlerde nitel araştırma metodolojisinin önemli bir parçası haline gelmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 1999).

Yin (2014) durum çalışmalarını dört ana desen altında sınıflandırmaktadır:

- Bütüncül tek durum deseni – Tek bir analiz biriminin ele alındığı ve genellikle istisnai veya aykırı durumlarda kullanılan desen.
- İç içe geçmiş tek durum deseni – Tek bir durum içerisinde birden fazla alt birimin incelendiği desen.
- Bütüncül çoklu durum deseni – Birden fazla durumun kendi içinde bağımsız olarak analiz edildiği desen.
- İç içe geçmiş çoklu durum deseni – Birden fazla durumun her birinde alt analiz birimlerinin bulunduğu desen (Yin, 2014).

Bu araştırmada iç içe geçmiş tek durum deseni kullanılmıştır. Bu desen, tek bir ana durum içinde birden fazla alt analiz biriminin bulunduğu çalışmalarda tercih edilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 1999). Araştırmada havacılık işletmeleri genel bir durum olarak ele alınmış; Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ), Türk Hava Yolları (THY) ve İstanbul Havalimanı (İGA) ise bu durumun alt birimleri olarak incelenmiştir.

Durum çalışması belirli bir bağlamda sınırlı bir durumu sistematik biçimde değerlendirerek o bağlamın gelişimine katkı sağlayacak bilgi üretmektedir (Subaşı ve Okumuş, 2017). Glesne (2012), yöntemin yalnızca veri toplama aracı olmadığını, aynı zamanda verilerin analizinde betimleyici ve açıklayıcı bir çerçeve sunduğunu vurgulamaktadır (Glesne, 2012). Çoklu veri kaynaklarının kullanımı, dijitalleşmenin havacılık işletmelerinde yarattığı etkilerin bütüncül olarak anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

İç içe geçmiş tek durum deseni sayesinde hem genel sektör dinamikleri hem de farklı kurumların stratejileri, uygulamaları ve deneyimleri ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu yöntem, dijitalleşmenin havacılık sektöründeki dönüşüm sürecini

bağlamsal derinlikle ortaya koymaktadır.

4.2. Veri Toplama Teknikleri

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır.

4.2.1. Yarı yapılandırılmış görüşme

Yarı yapılandırılmış görüşmeler, önceden belirlenmiş ana sorular çerçevesinde yürütülen ancak görüşmenin akışına göre esneklik tanıyan nitel veri toplama yöntemleridir (Wengraf, 2001). Bu yapı hem sistematik veri toplanmasını hem de katılımcıların duygu, düşünce ve deneyimlerini özgürce ifade edebilmelerini sağlamaktadır (Rubin ve Rubin, 2011).

Görüşme formu, araştırma sorularına uygun olarak literatür taraması sonucundan yararlanılarak hazırlanmıştır. Temel sorular, görüşme öncesinde belirlenmiş; ancak katılımcıların yanıtları doğrultusunda ek veya takip soruları yöneltilerek görüşmeler derinleştirilmiştir (Longhurst ve Jhonston, 2023). Wengraf'a (2001) göre bu yöntem, kısmen standartlaştırılmış bir çerçeve sunarken, yanıtların genişletilmesine ve derinlemesine, bilgi elde edilmesine olanak tanımaktadır (Wengraf, 2001).

Görüşme sürecinde konu bütünlüğünü korumak amacıyla kapsamlı bir kontrol listesi hazırlanmış, böylece temel temaların atlanmaması sağlanmıştır (Alshenqeeti, 2014). Liamputtong (2019), görüşmecinin katılımcıya yönlendirici olmayan, güven temelli ve esnek bir yaklaşım sergilemesinin, verilerin derinliğini ve güvenilirliğini artıracaklarını vurgulamaktadır (Liamputtong, 2019).

Bu araştırmada yarı yapılandırılmış görüşmeler, DHMİ, İGA ve THY işletmelerinden dijital dönüşüm süreçlerinde aktif rol alan katılımcılarla çevrim içi olarak yürütülmüş ses kaydı ve not alma teknikleriyle desteklenmiştir. Katılımcılar, işletmelere göre değişiklik göstermekte olup; THY'de bilişim teknolojileri (IT) departmanından ve THY iştiraki Turkish Technology işletmesinden yönetici ve uzmanlardan, İGA'da bilişim teknolojileri (IT), sürdürülebilirlik ve dijital hizmetler departmanı yöneticilerinden, DHMİ'de ise hava trafik kontrol merkezi, siber güvenlik, insan kaynakları ve seyrüsefer departmanı uzmanlarından oluşmaktadır. Araştırmaya konu olan işletmelerden, araştırmanın kapsamında bulunan tüm departmanlardan katılımcılara ulaşılamamıştır.

Sorular; literatür taraması doğrultusunda, dijitalleşme sürecinin işletmeler

tarafından kurumsal yapı, insan kaynakları, maliyetler ve finansal boyutlar, operasyonel süreçler, müşteri memnuniyeti ve rekabet stratejileri ile sürdürülebilirlik boyutlarında nasıl deneyimlendiğini ortaya koymaya odaklanmıştır. Finansal verilere erişimde kısıtlılıklar olduğundan, bazı veriler yalnızca kamuya açık kaynaklardan desteklenmiştir.

4.3. Verilerin Analizi

Nitel veri analizi süreci, verilerin toplanması, kodların oluşturulması, kodların sadeleştirilerek temaların geliştirilmesi ve bu temaların tablolar, şekiller veya tartışma metinleri aracılığıyla raporlanmasını içermektedir (Creswell ve Creswell, 2021). Bu analiz sürecinde amaç; elde edilen bulguları doğrulamak, temel konuları veya hikâyeleri ortaya koymak, verilerin içeriklerini boyutlandırmak ve belirlenen çerçeveler doğrultusunda verileri anlamlı biçimde organize etmektir (Sandelowski, 1997).

Bu araştırmada toplanan nitel veriler, tematik analiz tekniği ile çözümlenmiştir. Türk Hava Yolları (THY), İstanbul Havalimanı (İGA) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) temsilcileriyle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler, ilk aşamada yazılı metne dönüştürülmüş, araştırma sorularıyla ilişkilendirilebilecek ifadeler belirlenmiş ve önceden belirlenmiş bir kod listesi olmadan, verilerden doğrudan türetilen anlamlı ifadeler açık kodlama tekniği ile kodlanmıştır. Bu veriler, Braun ve Clarke'ın (2006) geliştirdiği refleksif tematik analiz yaklaşımı temel alınarak çözümlenmiştir. Bu yaklaşım, araştırmacının analiz sürecindeki aktif rolünü ve öznel yorumlamayı ön plana çıkarırken, verinin bağlamsal olarak anlamlandırılmasına olanak tanımaktadır. Refleksif tematik analiz sürecinde araştırmacı, anlam birimlerini belirler, bu birimleri kodlar ve kodlar arasındaki örüntülerden yola çıkarak temalar geliştirmektedir (Braun ve Clarke, 2006). Bu süreç, MAXQDA 2024 nitel veri analiz yazılımı ile desteklenmiştir. Şekil 1.'de MAXQDA 2024 yazılımı ile oluşan tematik kelime bulutu verilmiştir.



Şekil 4.1. Tematik Kelime Bulutu

Verilerin analizi sırasında her kurum (THY, İGA, DHMİ) temalar bazında ayrı ayrı incelenmiştir. Kodlama, kategori ve tema düzeyinde yapılan değerlendirmeler üzerinde tartışılmıştır. Bu yöntem, araştırmanın iç tutarlılığını ve güvenilirliğini artırmaktadır (Creswell ve Creswell, 2021).

Analiz sonucunda dijitalleşmenin havacılık sektöründeki dönüşümünü açıklayan altı ana tema ortaya çıkmıştır:

1. Kurumsal Yapı ve Dijital Dönüşüm Yönetimi,
2. İnsan Kaynakları
3. Operasyonel Süreçler,
4. Finansal Etki ve Maliyet,
5. Müşteri Deneyimi ve Rekabet Gücü,
6. Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifi

Bu temalar, havacılık sektöründe dijital dönüşümün yalnızca teknik altyapı boyutunda değil, aynı zamanda organizasyonel kültür, insan kaynakları, müşteri ilişkileri ve sürdürülebilirlik politikaları üzerinde yarattığı çok katmanlı etkileri ortaya koymaktadır. Analiz süreci boyunca katılımcı ifadelerinden doğrudan alıntılara yer verilmiş; bu alıntılar, temaların anlam derinliğini güçlendirmek ve yorumlamaları desteklemek amacıyla kullanılmaktadır.

THY, İGA ve DHMİ örneklemelerinden elde edilen veriler, Braun ve Clarke’ın refleksif tematik analiz modeli çerçevesinde çözümlenmiş; MAXQDA 2024 aracılığıyla temalar arası ilişkiler somutlaştırılmıştır. Analiz süreci, dijitalleşmenin havacılık sektöründeki etkilerinin kurumsal yapı, operasyonel süreçler, finansal boyut, insan kaynakları, müşteri deneyimi, rekabet gücü, sürdürülebilirlik ve gelecek stratejileri bağlamında kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Bu kapsamda kod–tema ilişkisini gösteren örnekler aşağıda tablolarda detaylı yer almaktadır:

Tablo 4.1. Tema 1- Kurumsal Yapı ve Dijital Dönüşüm Yönetimi

Alt Tema	Kod Örnekleri
Dijital dönüşüm birimleri	“Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Ekibi” (DHMİ), “Innovation Hub” (İGA), “Dijitalleşme Direktörlüğü” (THY)
Karar alma süreçleri	“Stratejik komite kararları ve üst yönetim onayı” (THY), “Veri temelli komite kararları ile kültür değişimi” (İGA), “Teknik kurul ve merkeziyetçi yapı” (DHMİ)
Kurumsal kültür etkileri	“Veri odaklı karar alma ve kurumsal girişimcilik” (THY), “Değişim direnci” (DHMİ), “Yenilikçi ve dijital odaklı kültür ve akıllı havalimanı vizyonu” (İGA)

Tablo 4.2. Tema 2- İnsan Kaynakları

Alt Tema	Kod Örnekleri
İş tanımlarındaki değişim	“Radar izleme → veri analizi ve otomasyon” (DHMİ), “Mekanik bakım → dijital bakım” (THY), “Personel yönlendirme → veri yönetimi” (İGA)
Yeni pozisyonlar ve yetkinlikler	“IT ve veri bilimi” (THY), “IoT mühendisi ve enerji uzmanı” (İGA), “Siber güvenlik analisti, otonom ATC mühendisi” (DHMİ)
Eğitim ve adaptasyon	“Reskilling programı ve simülasyon tabanlı ATC eğitimi” (DHMİ), “Modüler dijital eğitim” (THY), “İGA akademi eğitimleri ile simülasyon eğitimleri” (İGA)
Kurumsal direnç	“Yeni sisteme alışma zorluğu ve vardiya direnci” (DHMİ)

Tablo 4.3. Tema 3- Operasyonel Süreçler

Alt Tema	Kod Örnekleri
Dijital teknolojiler	“HTK-BİLEK sistemi” (DHMİ), “Akıllı terminal sistemleri” (İGA), “RPA sistemleri” (THY)
Entegrasyon sorunları	“Radar ve navigasyon sistemleri uyumu” (DHMİ), “Veri akış kesintisi” (THY), “Sensör veri yoğunluğu” (İGA)
Operasyonel verimlilik	“Operasyonel süreçlerde kesinti süresi %60 azaldı.” (DHMİ), “Yakıt tasarrufu elde edildi, bakım süresi ve RPA ile işlem süresi kısaldı.” (THY), “Yolcu akış optimizasyonu sağlandı ve otomasyon personel yükünü azalttı.” (İGA)
Gelecek planları	“Tam dijital bakım” (THY), “Tam otonom terminal” (İGA), “Tam otonom hava trafik sistemi” (DHMİ)

Tablo 4.4. Tema 4- Finansal Etki ve Maliyet

Alt Tema	Kod Örnekleri
Dijital proje bütçesi	“IT bütçesinin %30-35’i dijital projelere ayrılıyor ve siber güvenlik yatırımları artış gösterdi” (DHMİ) “Yıllık yatırımın %40’ı akıllı sistemlere yönlendirildi.” (İGA) “Dijitalleşme bütçesi stratejik planla uyumlu olarak %15-30 ayrılmakta.” (THY)
Yatırım geri dönüşü (ROI)	“Ağ Yenileme ROI süresi 2-3 yıl.” (DHMİ) “IoT ve enerji yönetimi ROI süresi 2 yıl.” (İGA) “RPA yatırımlarında 2-3 yıl içinde geri dönüş.” (THY)
Maliyet azalması	“Bakım maliyetleri %20-25 azaldı.” (DHMİ) “Enerji tüketimi %8,5 azaldı.” (İGA) “Yakıt ve işlem maliyetlerinde %12 düşüş.” (THY)
Sabit-değişken maliyet dengesi	“Sabit maliyetler arttı, değişken maliyetler azaldı.” (DHMİ) “Altyapı yatırımı yüksek, ancak bakım maliyetleri düşüyor.” (İGA)
Finansal sürdürülebilirlik	“Bakım giderleri azaldı, gelirler arttı.” (DHMİ) “Akıllı terminal yatırımları uzun vadeli finansal denge sağlıyor.” (İGA) “RPA ve veri analitiği finansal performansı güçlendirdi.” (THY)

Tablo 4.5. Tema 5- Müşteri Deneyimi ve Rekabet Gücü

Alt Tema	Kod Örnekleri
Dijital hizmetler	“DHMI Online”, “İGA mobil yönlendirme uygulaması, AskMe robotları”, “THY mobil asistan”
Memnuniyet ve sadakat	“NOTAM bildirimleri hızlandı ve uçuş gecikmelerinde azalma” (DHMI), “Kişiselleştirilmiş hizmet” (THY), “Yolcu yoğunluk tahmini” (İGA)
Rekabet avantajı	“EUROCONTROL uyumu ve Avrupa hava sahası verimliliği” (DHMI), “İleri teknoloji terminal yapısı ile yolcu memnuniyetinde Avrupa lideri olmak ve Akıllı Havalimanı modeli” (İGA), “Hizmet çeşitliliği artışı” (THY)
Paydaş ilişkileri	“Huawei-Innova iş birliği” (DHMI)

Tablo 4.6. Tema 6- Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifi

Alt Tema	Kod Örnekleri
Yeşil dijitalleşme	“Predictive analytics ile rota optimizasyonu sayesinde karbon düşüşü ve yakıt tasarrufu” (DHMI), “Akıllı enerji yönetimi ile emisyon azaltımı” (İGA), “Karbon azaltımına yönelik veri analitiği ve yakıt verimliliği” (THY)
Stratejik hedefler	“2030 Akıllı ATC Merkezi olmak” (DHMI), “Dijital Havalimanı Vizyonu ve karbon nötr havalimanı olmak” (İGA), “2033’te dijital yolcu deneyiminde ilk 3’e girmek ve tam otomasyon bakım” (THY)
İnovasyon örnekleri	“Tam otonom hava trafik sistemi ve hava sahası simülasyon sistemleri” (DHMI), “Terminal dijital ikizi” (İGA), “Predictive maintenance” (THY)

5. ALAN ARAŞTIRMASI

5.1. Türk Hava Yolları

Türkiye’de sivil havacılığın temelleri, Cumhuriyet’in ilanından kısa süre sonra, 20 Mayıs 1933’te TBMM tarafından kabul edilen 2186 sayılı yasa ile atılmaktadır. Bu yasa kapsamında kurulan Hava Yolları Devlet İşletme İdaresi, günümüzde Türk Hava Yolları A.O.’nun (THY) öncülü niteliğindedir (Bolayır, 2000). İlk faaliyet yılında İstanbul, Ankara ve Eskişehir arasında yalnızca 5 uçak ve toplam 28 koltuk kapasitesiyle 460 yolcu taşınmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde filo, ABD’den alınan 30 uçakla genişlemiş ve 1946’da Devlet Hava Yolları İşletmesi, Orta Doğu’nun en büyük havayolu konumuna ulaşmıştır. 1947’de Atina’ya gerçekleştirilen ilk uluslararası sefer, Türkiye’nin küresel havacılık sahnesine resmî girişini simgelemiştir (Yurtoğlu, 2016). 1955’te Türkiye’nin dış ticaret politikalarındaki değişimle birlikte kurumsal yapı yeniden düzenlenmiş, kurum “Türk Hava Yolları” adını alarak IATA üyeliğine kabul edilmiş ve BOAC (British Overseas Airways Corporation) ile stratejik iş birliğine gitmektedir. 1959’da Mesut Manioğlu’nun yaban kazından esinlenerek tasarladığı logo kullanılmaya başlanmış, bu adım markalaşma sürecinde önemli bir dönüm noktası olmaktadır.

1960’lı yıllar, jet motorlu uçakların filoya katılmasıyla modernleşme dönemini başlatmış, Avrupa destinasyonlarına yönelik sefer sayısı hızla artmıştır. Ancak 1970’lerdeki petrol krizleri, Kıbrıs sorunu ve ambargolar sektör üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. 1980’lerde benimsenen ihracata dayalı ekonomi modeli, THY’yi bölgesel bir taşıyıcıdan küresel bir marka olma yolunda ilerleten temel strateji hâline getirmektedir (Yalçınkaya, 2019).

1983 yılı öncesinde Türkiye’de sivil hava taşımacılığı devlet tekelinde yürütülmüş, THY bu dönemde havacılık sektöründe monopol konumda faaliyet göstermektedir. 1983’te yürürlüğe giren 2920 sayılı Sivil Havacılık Kanunu ile sektörde serbestleşme başlamış ve özel havayolu şirketlerinin kurulmasının önü açılmıştır (Yalçınkaya, 2019).

Kurumsal dijital dönüşüm ise 1998’de internet sitesinin açılması ve 2003’te e-bilet ile çevrimiçi check-in uygulamalarının devreye alınmasıyla başlamıştır. Mobil uygulamaların yaygınlaşması, çok dilli hizmet seçenekleri ve kullanıcı dostu arayüzler müşteri deneyimini önemli ölçüde geliştirmiştir. Miles & Smiles sadakat programı, yolculara mil biriktirme, bu milleri ödül bilet veya sınıf yükseltmede kullanma olanağı sunarak müşteri sadakatini güçlendirmektedir. 2008’de Star Alliance üyeliği, THY’nin

küresel entegrasyon sürecini hızlandırmıştır (Türk Hava Yolları, t.y.).

2023 itibarıyla 495 uçaktan oluşan genç filosuyla THY, İstanbul Havalimanı merkezli operasyonlarıyla 130'dan fazla ülkeye uçmakta ve “dünyanın en çok ülkesine uçan havayolu” unvanını sürdürmektedir (Türk Hava Yolları, t.y.).

THY'nin dijital dönüşüm stratejisi üç temel eksen üzerine inşa edilmiştir; operasyonel verimlilik, müşteri deneyiminin geliştirilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik. Operasyonel verimlilik kapsamında yapay zekâ destekli operasyon planlama, büyük veri analitiğine dayalı bakım yönetimi ve risk analizi sistemleri kullanılmaktadır. Müşteri deneyimi boyutunda mobil uygulama, çevrimiçi rezervasyon, dijital biniş kartı, kişiselleştirilmiş kampanyalar ve uçuş içi bağlantı hizmetleri ön plana çıkmaktadır (Önen, 2016). THY'nin dijital dönüşümünde Turkish Technology önemli bir altyapı sağlayıcısı konumundadır. Firma, yolcu deneyimi, havayolu operasyonları ve hava kargoya yönelik dijital çözümler geliştirmekte; veri yönetimi, analitik sistemler ve yapay zekâ tabanlı karar destek mekanizmalarıyla havacılık sektöründe operasyonel verimliliği artırmayı hedeflemektedir (Turkish Technology, n.d.). Bu kapsamda biyometrik geçiş sistemlerinden rota optimizasyonuna, uçuş veri analitiğinden kargo yönetim platformlarına kadar uçtan uca dijital altyapılar sunulmakta; havayolu şirketlerinin veri temelli süreçlere geçişi desteklenmektedir. Bu iş birliği, THY'nin dijitalleşme vizyonunda tanımlanan operasyonel verimlilik, mobilite ve sürdürülebilirlik eksenleriyle örtüşmektedir.

2025 yılında Future Travel Experience etkinliğinde duyurulan yeni dijital dönüşüm uygulamaları, THY'nin yenilikçi yaklaşımını pekiştirmektedir. Dublin Airports Authority (daa Labs) ile gerçekleştirilen ortak sunumda, THY'nin yolcu deneyimini yeniden tanımlayan yapay zekâ ve biyometri tabanlı sistemleri tanıtılmıştır. Bu kapsamda çok modlu AI sohbet robotları, geniş dil modeli (LLM) tabanlı dijital müşteri hizmetleri, biyometrik yolcu kimlik sistemleri ve “seyahat arkadaşı” konseptiyle geliştirilen mobil uygulama öne çıkmaktadır (daa Labs & Turkish Airlines, 2025). Ayrıca uçak içi internet platformu TK WiFi'nin, yolculuk sürecinin tüm aşamalarında kesintisiz bağlantı sağlayacak şekilde yeniden yapılandırıldığı belirtilmektedir.

Bu gelişmeler, THY'nin dijitalleşme sürecinin yalnızca operasyonel bir modernizasyon değil, bütünsel bir dönüşüm olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ, büyük veri, biyometri ve mobil bağlantı teknolojileri sayesinde hem yolcu deneyimi kişiselleştirilmekte hem de operasyonel süreçlerde verimlilik artmaktadır. Dijital

dönüşüm aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğe de katkı sağlamakta; yakıt verimliliği ve karbon azaltımı hedefleri doğrultusunda önemli kazanımlar elde edilmektedir.

Türk Hava Yolları, dijitalleşmeyi yalnızca bir teknoloji yatırımı değil, kurumsal bir dönüşüm stratejisi olarak benimsemektedir. Turkish Technology gibi yerli teknoloji sağlayıcılarının desteğiyle, THY'nin dijital altyapısı yapay zekâ, büyük veri ve siber güvenlik ekseninde güçlenmektedir. Bu bütünlüklü yaklaşım sayesinde THY, operasyonel mükemmeliyet, müşteri memnuniyeti ve çevresel sürdürülebilirliği aynı anda sağlayarak küresel havacılıkta dijital dönüşümün öncü örneklerinden biri hâline gelmektedir.

5.2. İstanbul Havalimanı

İstanbul Havalimanı'nın işletmecisi olan İGA (İstanbul Grand Airport), Türkiye'nin bugüne kadarki en büyük altyapı yatırımı olan bu havalimanını inşa etmek ve 25 yıl boyunca işletmek amacıyla 7 Ekim 2013 tarihinde Cengiz, MAPA, Limak, Kolin ve Kalyon Ortak Girişim Grubu tarafından kurulmuştur. Proje, yalnızca Türkiye için değil, küresel havacılık sektörü açısından da stratejik bir adım olarak görülmüş ve bu doğrultuda belirlenen vizyon “geleceğin havalimanı deneyimini bugünden sunmak”, misyon ise “dünyadaki tüm paydaşlarına en konforlu ve kusursuz yolculuk deneyimini sunan küresel aktarma merkezi olmak” şeklinde tanımlanmaktadır (İGA, 2024b).

Havalimanı 76,5 milyon metrekarelik bir alan üzerine inşa edilmiş olup Avrupa yakasının kuzeyinde, şehir merkezine yaklaşık 35 kilometre mesafede yer almaktadır. Tüm fazlarıyla birlikte 6 bağımsız pist, 16 taksi yolu, 280 akıllı yolcu köprüsü ve 500 uçak park kapasitesiyle dünyanın en büyük havalimanlarından biri olmaktadır (Meydan, 2023). Ana terminal binası 1,4 milyon metrekare büyüklüğünde ve modern mimarisiyle yolcu konforunu artıracak şekilde tasarlanmakta olup havalimanında üç teknik blok, hava trafik kontrol kulesi, 4,5 milyon metrekarelik apron, VIP salonları, kargo ve genel havacılık terminalleri, devlet konuk evi, 70.000 araç kapasiteli otopark, sağlık merkezleri, oteller, bakım hangarları ve enerji santralleri gibi destekleyici tesisler bulunmaktadır (İGA, 2024b).

Kargo taşımacılığı açısından da önemli bir kapasiteye sahip olan İstanbul Havalimanı, açıldığı dönemde 4 milyon ton kargo kapasitesiyle hizmete başlamış; tüm fazların tamamlanmasıyla bu kapasitenin 5,5 milyon tona ulaşması planlanmaktadır (İGA, 2024b). Böylece İstanbul Havalimanı yalnızca yolcu taşımacılığında değil, küresel hava kargo pazarında da önemli bir aktarma merkezi haline gelmektedir. Ocak 2024

itibarıyla havalimanı 321 destinasyona uçuş düzenlemekte ve “dünyanın en çok bağlantıya sahip havalimanı” unvanını korumaktadır. 2024 verilerine göre toplam 517.284 uçuş gerçekleştirilmiş, 80.070.710 yolcu taşınmıştır; bunların 63 milyonu dış hat, 17 milyonu ise iç hat yolcusudur (İGA, 2024e).

İGA, “Doğru İşe Doğru İnsan” anlayışıyla eşitlik ve kapsayıcılık ilkesini benimseyerek hem doğrudan istihdam hem de dolaylı istihdam yaratma kapasitesiyle Türkiye’nin küresel havacılık alanındaki rekabet gücünü artırmaktadır. Özellikle hava kargo kapasitesi, lojistik ve ticaret açısından Türkiye’yi bölgesel bir merkez haline getirmekte; uluslararası yatırım ve ticaret akışında stratejik bir rol oynamaktadır (İGA, t.y.) Stratejik açıdan bakıldığında, İstanbul Havalimanı, Türk Hava Yolları’nın (THY) büyüme vizyonunu destekleyen önemli altyapı yatırımlarından biridir.

Ekonomik ve stratejik konumunun yanı sıra İGA, aldığı uluslararası ödüllerle de Türkiye’nin marka değerini yükseltmektedir. 2024 yılında ACI Europe tarafından “Avrupa’nın En İyi Havalimanı” seçilmiş, müşteri deneyimi alanında ise ACI Level 5 akreditasyonuna ulaşarak Avrupa’da bu seviyeye erişen ilk havalimanı olmuştur (İGA, 2024a; İGA, 2024c). Bu başarılar, havalimanının yalnızca operasyonel değil, aynı zamanda hizmet kalitesi ve marka itibarı açısından da küresel standartlarda bir tesis olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, Skytrax değerlendirmesinde “5 Yıldızlı Havalimanı” unvanı ve “5 Yıldızlı Covid-19 Önlemleri Havalimanı” sertifikası, İGA’nın operasyonel kalite ve kriz yönetimi kabiliyetini ortaya koymaktadır. Bu ödüller, havalimanının yalnızca fiziksel kapasitesiyle değil, dijitalleşme stratejisi ile de küresel havacılık sektöründe öncü bir konuma sahip olduğunu göstermektedir (İGA, 2024b).

Operasyonel verimlilik, havalimanının büyüme stratejisinin temel unsurlarından biridir. E-Pasaport sistemi ile 18 yaş üstü T.C. vatandaşları, biyometrik yüz tanıma ve parmak izi doğrulama teknolojileri sayesinde yalnızca 18-20 saniye içerisinde pasaport işlemlerini tamamlayabilmektedir (İGA, 2024d). Ayrıca, terminal genelinde yaygınlaştırılan akıllı çizelgeleme sistemleri, bagaj takip teknolojileri ve otomatik teslim noktaları, uçuş operasyonlarının sürekliliğini sağlamaktadır. Terminal genelinde sunulan ücretsiz yüksek hızlı Wi-Fi ve mobil uygulamalar aracılığıyla anlık uçuş bilgisi paylaşımı, dijital erişimin sürekliliğini desteklemektedir.

İGA, uçuş operasyonlarının güvenliği ve verimliliğini artırmak amacıyla ileri sensör teknolojileri, geniş sensör ağları ve dijital altyapı bileşenlerinden yararlanmakta; özel olarak geliştirilen “yer hizmetleri izleme sistemi” ile uçakların ground turnaround

süreçlerini anlık olarak takip etmektedir. Bu sistem, uçak parkından kalkışa kadar geçen süreleri optimize ederek yer hizmetlerindeki gecikmeleri en aza indirmiştir. Radar ve kamera tabanlı sistemler uçak park pozisyonlarını otomatik algılamakta; yolcu köprüleri ve çıkış rampaları gerçek zamanlı yönlendirme algoritmalarıyla kontrol edilmektedir. Havalimanı bünyesinde geliştirilen “dijital ikiz (digital twin)” projeleri, terminal ve hava tarafı operasyonlarının sanal modellerle önceden test edilmesine olanak tanıyarak kriz yönetimi ve operasyonel sürekliliği güçlendirmektedir (Aerotime, n.d.).

İstanbul Havalimanı, kuruluş aşamasından itibaren “akıllı havalimanı” konsepti doğrultusunda tasarlanmış ve dijitalleşme vizyonunu operasyonlarının merkezine yerleştirmiştir. İGA yönetimi, 2014 yılından itibaren bilgi teknolojileri alanında güçlü bir ekip kurarak hem operasyonel verimliliği artıracak hem de yolcu deneyimini iyileştirecek dijital altyapı yatırımlarına odaklanmaktadır.

Havalimanında 3 veri merkezi, 102 entegre sistem, 467 sunucu, 780 telekom altyapı odası, 3.257 erişim kontrol sistemi, 3.267 uçuş bilgi ekranı, 4.549 bilgisayar ve 9.000 güvenlik kamerası ile dünyanın en kapsamlı havalimanı bilişim altyapılarından biri kurulmuştur. Bu altyapı, uçtan uca entegre dijital yönetim sistemi sayesinde operasyonel süreklilik, güvenlik ve müşteri memnuniyetini aynı anda sağlamaktadır.

Operasyonel tarafta akıllı çizelgeleme, bagaj takip sistemleri ve otomatik teslim noktaları kullanılmaktadır. Bu sistemler, uçuş operasyonlarının planlanmasında, yer hizmetlerinde iş gücü verimliliğinin artırılmasında ve bagaj yönetiminde kayıpların azaltılmasında kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, terminal genelinde iç mekân navigasyon sistemleri ve akıllı yönlendirme ekranları ile yolcuların yön bulma süreci kolaylaştırılmaktadır (Mohamed, Gomaa ve El-Sherif, 2018).

İGA’nın dijitalleşme stratejisinin bir diğer unsuru müşteri deneyimi yönetim sistemleridir. Yolcu geri bildirimleri, CRM tabanlı sistemler aracılığıyla analiz edilmekte; haftalık ve aylık periyotlarla yayımlanan “Konukların Sesi” raporları ile memnuniyet düzeyleri ölçülmektedir. Bu raporlar, stratejik kararların alınmasında veri odaklı bir yaklaşımın benimsenmesini sağlamaktadır.

Yolcu deneyimi açısından, biyometrik kimlik doğrulama sistemleri ve mobil uygulamalarla kişiselleştirilmiş dijital hizmetler sunulmaktadır. Geniş bant kablosuz iletişim altyapısı, mobil yönlendirme haritaları, uçuş bildirimleri ve self-servis çözümler bu dijital ekosistemi tamamlamaktadır. Ayrıca enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının izlenmesi için binalar genelinde sensörler, büyük veri analizi ve otomatik kontrol

sistemleri kullanılmakta; çevresel performans dijital kayıtlarla yönetilmektedir (Aerotime, n.d.).

Sürdürülebilirlik ve çevre dostu çözümler de dijital altyapı ile entegre edilmiştir. Enerji verimliliği sağlayan akıllı sistemler, iklimlendirme optimizasyonu, LED aydınlatma yönetimi ve atık yönetim sistemleri ile desteklenmektedir. Ayrıca, gelecekte havalimanı içinde otonom araçlar ve robot destekli hizmetlerin yaygınlaştırılması planlanmaktadır (Hájnik, Harantová ve Kalašová, 2021).

İstanbul Havalimanı yalnızca fiziksel kapasitesiyle değil; dijitalleşme, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik temelli yaklaşımıyla da küresel havacılığın geleceğini temsil etmektedir. Operasyonel verimlilik, çevresel sorumluluk ve müşteri deneyimi odaklı bu bütünleşik model, Türkiye'nin havacılıkta dijital dönüşüm vizyonunun en somut örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

5.3. Devlet Hava Meydanları İşletmesi

Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMİ), Türkiye'de sivil havacılığın altyapısını yöneten ve hava sahasındaki trafiği düzenleyen ana kamu kurumudur. 1933 yılında kurulan kurum, 1984'te yürürlüğe giren yeniden yapılanma düzenlemesiyle Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na bağlı bir kamu iktisadi teşebbüs (KİT) statüsü kazanmıştır (DHMİ, n.d.). DHMİ'nin temel görevleri arasında; hava seyrüsefer sistemlerinin kurulması ve işletilmesi, havalimanı altyapısının planlanması, hava trafiğinin emniyetli biçimde yönetilmesi, can ve mal güvenliğinin sağlanması, ulusal ve uluslararası havacılık mevzuatına uygun altyapı geliştirilmesi yer almaktadır.

1980'li yıllarda Türkiye'de uygulanan serbestleşme politikaları, DHMİ'nin kurumsal yapısını yeniden şekillendirmiştir. 1984 düzenlemesiyle kurum, havayolu taşımacılığından ayrılarak yalnızca altyapı işletmeciliği ve seyrüsefer hizmetlerinden sorumlu bir kamu kurumu hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, Türk Hava Yolları (THY)'nın ticarileşme sürecini desteklemiş, DHMİ'yi ise teknik altyapı, trafik kontrolü ve yatırım yönetimi alanlarında uzmanlaşmış bir yapıya dönüştürmektedir (Yalçinkaya, 2019).

1990'lı yıllardan itibaren Türkiye'de Kamu Özel İş birliği (KÖİ) modelleri benimsenmiş; DHMİ, havalimanlarının mülkiyetini kamu elinde tutarken terminal, otopark ve ticari alanların işletme haklarını belirli sürelerle özel sektöre devretmiştir. Bu model, hizmet kalitesini artırırken kamu üzerindeki yatırım yükünü azaltmıştır (Güner ve Gülay, 2018).

DHMI, yalnızca hava trafiği yönetiminde değil, finansal ve operasyonel performansta da dönüşüm süreci yaşamıştır. 2014–2018 döneminde yapılan veri zarflama analizi (VZA) ve Malmquist toplam faktör verimliliği (TFV) çalışmalarında, kurumun ortalama etkinlik oranı %46–47 düzeyindeyken 2018 sonrası teknoloji yatırımlarıyla verimliliğin yükseldiği görülmektedir (Şahin, 2019).

DHMI'nin 2024–2028 Stratejik Planı'na göre kurum, dijital dönüşümü kurumsal dönüşümün itici gücü olarak tanımlamaktadır. Bu hedef kapsamında; dijital hava trafik yönetimi, akıllı havalimanı uygulamaları, büyük veri ve yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri, nesnelerin interneti (IoT) ve blok zincir teknolojileri öncelikli geliştirme alanları olarak belirlenmiştir. Kurumun vizyonu, akıllı hava sahası ve dijital havalimanı ekosistemi oluşturmak olarak tanımlanmakta; bu kapsamda bilgi teknolojileri, enerji verimliliği, siber güvenlik ve çevresel izlenebilirlik sistemleri bütünleşmiş bir yapıya dönüştürülmektedir (DHMI, 2024a).

DHMI'nin dijitalleşme sürecinde öncelikli alanlardan biri hava trafik yönetimi (Air Traffic Management – ATM) modernizasyonudur. Bu kapsamda yürütülen Ulusal Hava Trafik Yönetimi Modernizasyon Projesi, EUROCONTROL ve SESAR (Single European Sky ATM Research) standartlarıyla tam uyumludur. Ayrıca ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) ve Mode-S radar sistemleri modernize edilmiş, AIXM (Aeronautical Information Exchange Model) 5.1 tabanlı Havacılık Bilgi Yönetim Sistemi (AIM) ile uçuş verileri dijital ortama aktarılmaktadır (DHMI, 2024b). Yapay zekâ destekli trafik yoğunluğu tahmin modelleri geliştirilerek hava sahası kapasitesi dinamik biçimde planlanmaktadır.

Kurum, terminal operasyonlarında biyometrik geçiş, dijital kimlik, otomatik bagaj izleme, akıllı enerji yönetimi ve karbon izleme platformları gibi teknolojileri yaygınlaştırmaktadır. Esenboğa, Antalya ve İzmir Adnan Menderes havalimanlarında uygulanan bu sistemlerle enerji tüketimi %8,5 oranında azaltılmıştır (DHMI, 2024b). Ayrıca, Karbon Nötr Havalimanı hedefi kapsamında enerji ve emisyon verileri gerçek zamanlı dijital platformlar üzerinden izlenmektedir.

DHMI, kurumsal süreçlerini e-Devlet ve e-Belge platformlarına taşımış; Dijital Ofis Projesi ile ihale, yazışma ve belge işlemlerini tamamen elektronik ortama aktarmaktadır. Yıllık 12 milyon sayfalık kâğıt tasarrufu sağlanmış; bu sayede hem çevresel hem mali verimlilik artmıştır (DHMI, 2024b). Kurum, Siber Güvenlik Eylem Planı çerçevesinde SOME (Siber Olaylara Müdahale Ekibi) kurmakta, Veri Merkezi

Yedekleme ve Felaket Kurtarma Sistemi'ni devreye almaktadır (DHMİ, 2024a).

2024–2028 dönemi hedeflerine göre, personelin %75'ine bilgi teknolojileri, siber güvenlik, otomasyon ve veri analitiği konularında dijital yetkinlik eğitimi verilmesi planlanmaktadır. Bu uygulama, dijital dönüşümün yalnızca teknolojiyle sınırlı kalmayıp, insan kaynağı temelli bir kültürel dönüşüm olarak benimsendiğini göstermektedir (DHMİ, 2024a).

DHMİ'nin dijitalleşme çalışmaları yalnızca teknolojik modernizasyon değil, aynı zamanda kurumsal yönetişimde veri temelli karar alma, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerinin güçlendirilmesini sağlamaktadır. 2024 Faaliyet Raporu verilerine göre; hava trafik otomasyon oranı %94'e yükselmiştir, operasyonel arıza müdahale süreleri %27 azalmış, e-Fatura ve elektronik ihale uygulamalarıyla yıllık yaklaşık 410 milyon TL tasarruf sağlanmaktadır (DHMİ, 2024b).

DHMİ, Türkiye'nin havacılık sektöründe dijital dönüşümün kamu otoritesi ayağını temsil etmektedir. Kurum, dijitalleşme vizyonu kapsamında; akıllı hava sahası yönetimi, yeşil ve veri temelli havalimanı işletmeciliği, siber güvenlik ve dijital yetkinlik geliştirme alanlarında güçlü bir dönüşüm gerçekleştirmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca teknolojik değil; kurumsal, çevresel ve toplumsal boyutlarıyla Türkiye'nin sürdürülebilir ve dijital havacılık politikalarının merkezinde DHMİ'yi konumlandırmaktadır. Sonuç olarak DHMİ; THY'nin küresel dijital taşımacılık ağı ve İGA'nın akıllı havalimanı altyapısı ile birlikte Türkiye'yi bölgesel bir dijital havacılık merkezi haline getiren stratejik üçlünün kamusal omurgasını oluşturmaktadır.

6. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

6.1. Görüşme Bulgularının Tematik Analizi

DHMI, İGA ve TYH ile yapılan görüşmelere dayalı tematik analiz, Türkiye havacılık sektöründeki dijital dönüşümün farklı kurumsal dinamiklerle ancak benzer hedeflerle ilerlediğini göstermektedir.

- DHMI, regülasyon ve güvenlik odaklı, merkeziyetçi bir dönüşüm stratejisi benimserken,
- İGA, akıllı havalimanı vizyonu ile bütünsel, kullanıcı merkezli dijitalleşmeyi başarıyla uygulamakta,
- THY ise kurumsal girişimcilik ve inovasyon temelli bir modelle rekabet avantajı yaratmaktadır.

Üç kurumun ortak noktası, dijitalleşmeyi yalnızca teknolojik bir yenileme değil, kurumsal sürdürülebilirliğin stratejik bir bileşeni olarak değerlendirmeleridir. Bulgular, Braun ve Clarke’n (2006) refleksif tematik analiz yaklaşımına uygun biçimde incelendiğinde, dijitalleşmenin hem insan kaynağı dönüşümünü tetiklediği hem de operasyonel verimliliği ve rekabet gücünü artırdığı açıkça görülmektedir.

Tablo 6.1. Kurumsal Yapı ve Dijital Dönüşüm Yönetimi

Kurum	Bulgular	Yorum
DHMI	HTKM Başmüdürlüğü’ne bağlı “Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Ekibi” mevcuttur. EUROCONTROL standartları ve Ulaştırma Bakanlığı politikaları çerçevesinde HTKM’ye bağlı stratejik komite kararlarıyla ilerlenmektedir.	DHMI’nin kurumsal dijitalleşme yaklaşımı merkeziyetçi ve regülasyona dayalıdır. Dijital dönüşüm kararlarının üst düzey onay mekanizmalarına bağlı yürütülmesi, kamu odaklı yapının sürekliliğini sağlasa da merkeziyetçi yapıdan kaynaklı yavaş ilerlemektedir.
THY	“2021’de kurulan Turkish Technology iştiraki dijital dönüşümün ana yürütücüsüdür. Şirket, 2033 vizyonu kapsamında yolcu deneyimi ve sürdürülebilirlik açısından “dijital havayolu” hedefini benimsemiştir.”	THY’de dijitalleşme, kurumsal girişimcilik modeliyle yürütülmektedir. Ana firmadan türeyen teknoloji şirketi, inovasyonun kurumsal kültüre entegre edilmesine katkı sağlamaktadır.
İGA	“Innovation Hub”, “Dijital Hizmetler” ve “Bilgi Teknolojileri” ekipleri koordinasyonunda dijital dönüşüm yürütülmektedir.	İGA, kuruluş aşamasından itibaren dijital bir altyapı üzerine inşa edildiği için dönüşüm sürecini reaktif değil, proaktif biçimde yönetmektedir. Paydaş temelli yönetim yapısı, yenilikçiliği desteklemektedir.

Dijital dönüşüm üç kurumda da teknik bir iyileştirme olmanın ötesinde, kurumsal

yönetim anlayışının yeniden inşası olarak ele alınmaktadır. DHMİ’de süreç, kamu otoritesi niteliğinin doğal sonucu olarak merkeziyetçi ve regülasyon temellidir; kararlar güvenlik, denetim ve hizmet sürekliliği ekseninde hiyerarşik bir yapıda şekillenmektedir. Bu model, inovasyon hızını sınırlayabilse de Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın dijitalleşme politikaları ve EUROCONTROL standartlarıyla tam uyumu ve güvenli dönüşüm ilkesiyle sağlam temellere dayanmaktadır. Dijitalleşme kararları, HTKM Başmüdürlüğü’nde stratejik bir komite aracılığıyla alınmakta; bu komitede Hava Trafik Yönetimi Daire Başkanlığı, Bilgi Teknolojileri birimi ve SHGM temsilcileri yer almaktadır. THY, bunun aksine kurumsal girişimcilik yaklaşımıyla özerk ve yenilikçi bir organizasyon kurmuş; 2021’de hayata geçirilen Turkish Technology iştirakini dönüşümün stratejik ve teknik çekirdeği haline getirerek teknoloji üreten bir ekosisteme evrilmektedir. İGA ise dijitalleşmeyi kuruluş vizyonunun kurucu ögesi olarak tasarlamış; Innovation Hub öncülüğünde Dijital Hizmetler ve IT birimleri sayesinde veri temelli yönetim tüm örgütsel katmanlara nüfuz etmektedir. Bu tablo, Türkiye havacılığında dijitalleşmenin işletmelerin sahiplik yapılarına bağlı olarak farklı hız ve yoğunluklarda ilerlediğini; ancak her üç kurum için de dönüşümün opsiyonel modernleşme değil, kurumsal varlığın sürdürülebilirliği açısından stratejik bir zorunluluk haline geldiğini göstermektedir.

Tablo 6.2. İnsan Kaynakları

Kurum	Bulgular	Yorum
DHMİ	Dijitalleşme ile birlikte siber güvenlik analistleri, otonom ATC mühendisleri ve trafik veri entegrasyon uzmanları ortaya çıkmıştır. Adaptasyon süreci yeniden beceri kazandırma (reskilling) programları ve simülasyon tabanlı eğitimler ile yürütülmektedir.	Kamu sektöründe dijitalleşme, nitelikli teknik personel ihtiyacını artırmış; sürekli mesleki gelişim zorunlu hale gelmiştir. Dijital okuryazarlık farklarından dolayı entegrasyonda zorluklar yaşanabilmektedir.
THY	Teknoloji şirketine geçişle birlikte farklı kariyer alanları ve özellikle IT ve veri bilimi ve siber alanlarında yeni pozisyonlar oluşmuştur. E-learning eğitimi kültürel uyumu desteklemektedir.	Özel sektör dijital dönüşümünde esnek istihdam politikaları ve teknoloji odaklı yetkinlikler ön plana çıkmıştır.
İGA	“İGA Akademi” aracılığıyla yapay zekâ ve dijital kabiliyet eğitimleri düzenlenmektedir. Yeni pozisyonlar (Dijital Dönüşüm Uzmanı, Kanal Yönetimi, IoT mühendisi, Enerji uzmanı vb.) oluşturulmuştur.	İnsan kaynakları politikası, dijital yetkinliklerin kurumsal öğrenme kültürüyle desteklenmesini sağlamakta böylece dönüşümün sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir.

Dijital dönüşüm, üç kurumda da iş gücünün niteliğini yeniden tanımlamaktadır. DHMİ’de klasik kontrolör rollerinden dijital veri analitiği, siber güvenlik, sistem entegrasyonu ve otomasyona uzanan uzmanlık alanları güçlenmekte; reskilling programları kamu ölçeğinde insan odaklı adaptasyonun temel aracı haline gelmektedir. Bununla birlikte, hava trafik predictive analitiğine ihtiyaç artmaktadır. THY, teknoloji geliştirici bir yapıya evrilerek mühendis, yazılım geliştirici ve veri bilimci profillerini kurumsal çekirdeğe taşımakta; veri analitiği, süreç otomasyonu, siber güvenlik ve bulut çözümleri konusunda yeni roller tanımlanmaktadır. Ayrıca e-learning platformları ve sertifikalı dijital farkındalık eğitimleriyle kültürel uyum hızlandırılmaktadır. İGA, İGA Akademi üzerinden yapay zekâ, veri yönetimi ve dijital kabiliyet eğitimlerini sistematik hale getirmekte; yeni pozisyonlar, dönüşümün kalıcılığını sağlamaktadır. Ortak payda, dijital yetkinliğin artık teknik bir artı değil, stratejik bir profesyonel gereklilik olarak kurum kapasitesinin merkezine yerleşmesidir.

Tablo 6.3. Operasyonel Süreçler

Kurum	Bulgular	Yorum
DHMİ	“Otomasyon, predictive ATC sistemleri, HTK-BİLEK, NOTAM-METAR dijitalleşmesiyle operasyonel kesintiler %60 azalmıştır.”	Kamuya ait bir kuruluştaki operasyonel otomasyonun verimliliği artırdığı görülmektedir. Bu durum, dijitalleşmenin kamu hizmetinde etkinlik sağladığını göstermektedir.
THY	RPA, otonom araçlar, yapay zekâ destekli asistanlar ve robotik sistemler kullanılmaktadır. İnsan hatası oranı azalmış, bakım planlamasında zaman yönetimi iyileşmiş ve yakıt optimizasyonu sağlanmıştır.	Operasyonel dijitalleşme THY’de hem yer hem kargo hizmetlerinde süreci hızlandırmıştır. Bu, özel sektör esnekliğinin kamu kuruluşlarına göre daha hızlı dönüşüm sağladığını göstermektedir.
İGA	CRM, RPA, yapay zekâ, chatbot, RFID bagaj sistemi, 5G altyapısı, IoT sensörü ve “Sesli Adımlar” gibi çoklu teknolojiler kullanılmaktadır. Otopark ödemesi ve bagaj yönlendirmesi dahil birçok süreç dijitalleştirilmiştir.	İGA’nın tam entegre dijital hizmet ağı, “akıllı havalimanı” vizyonunun pratiğe dönüşmüş halidir. Operasyonel otomasyonun müşteri deneyimiyle bütünleştirildiği görülmektedir. Yolcu akış optimizasyonunda verimlilik elde edilmiştir.

Operasyonel düzeyde dijitalleşmenin etkileri tüm kurumlarda görünür ve ölçülebilirdir. DHMİ dijitalleşmeden ulusal ölçekli etkilenmektedir ve Remote Tower ile hava trafik modernizasyonunun somut çıktısı olarak görülmektedir. Öngörücü ATC, dijital veri paylaşım altyapıları ve hava trafiğinde kesinti sürelerini azaltan ulusal yazılım olan HTK-BİLEK sayesinde insan müdahalesine bağlı riskleri azaltarak kesintisiz kamu

hizmetini mümkün kılmaktadır. Ayrıca NOTAM ve METAR dijitalleşmesiyle operasyonel süreçlerde kesinti sürelerinde %60 azalma görülmektedir. Pilot uygulama ve kademeli yayılım yaklaşımı, kamu kurumlarında değişim dirençlerini yönetilebilir kılmaktadır. THY’de RPA, yapay zekâ ve otonom çözümler uçuş, bakım, kargo ve müşteri süreçlerini hız, doğruluk ve izlenebilirlik açısından optimize etmekte; teknoloji, insanı dışlayan değil insanı destekleyen bir unsur olarak konumlanmaktadır. İGA ise CRM, RPA, IoT, görüntü işleme ve sohbet botlarını uçtan uca entegre ederek akıllı havalimanı modelini fiilen işletmekte; terminal, bagaj, otopark, güvenlik ve enerji süreçleri tek bir dijital omurga üzerinde çalışmaktadır. “AOCC (Airport Operation Control Center) biriminde yapay zeka destekli tahminci analiz ile tüm operasyonel süreçler tek merkezden yürütülmektedir.” RFID bagaj sistemi, Sesli Adımlar, 5G altyapısı teknolojik çıktılarındandır. “Yolcu akış yoğunluğunu ölçmek için 110.000’den fazla IoT sensörü bulunmaktadır.” Üç kurumun deneyimi dijitalleşmenin yalnızca zaman ve maliyet kazancı değil, aynı zamanda hizmet güvenliği, şeffaflık ve sistem bütünlüğü sağladığını; özellikle İGA’daki bütünleşik altyapının Türkiye’yi havalimanı işletmeciliğinde küresel standartlara taşıdığını göstermektedir.

Tablo 6.4. *Finansal Etki ve Maliyet*

Kurum	Bulgular	Yorum
DHİMİ	“IT bütçesinin %30-35’i dijital projelere ayrılmakta; ROI süresi 2–3 yıldır. Otomasyon sistemleriyle bakım maliyetleri %15-20, değişken maliyetler ise %20-25 azalmıştır.”	Kamu kuruluşunda yatırım getirisi uzun vadeli olsa da dijital altyapı yatırımlarının ekonomik verimliliği kanıtlanmıştır.
THY	RPA ve otomasyon süreçleriyle iş gücü tasarrufu sağlanmış, işlem süreleri kısalmış, “yakıt maliyeti %12 düşmüştür”. Chatbot ve AI yatırımları maliyet etkinliği yaratmıştır. ROI ortalama 2-3 yıl olarak ölçülmüştür.	Dijital dönüşüm, THY’de maliyet düşürme kadar gelir artırıcı potansiyel yaratmıştır; rekabet stratejisiyle bütünleşmiştir.
İGA	Dijital ürünler insan gücü maliyetine kıyasla daha avantajlıdır. Chatbot ve otomasyon sistemleriyle ciddi tasarruf sağlanmıştır. “Yıllık yatırımın %40’ı akıllı sistemlere ayrılmaktadır ve yatırımın geri dönüş süresi 2 yıla düşmüştür. Ayrıca maliyetlerde %8,5 azalma görülmektedir.”	İGA, dijitalleşmeyi maliyet optimizasyonu aracı olarak etkin biçimde kullanmaktadır. Operasyonel tasarruflar, yatırım geri dönüş süresini hızlandırmaktadır.

Finansal açıdan dijitalleşme, kısa vadede yatırım gerektirse de orta–uzun vadede maliyet etkinliği ve ekonomik sürdürülebilirlik üretmektedir. DHİMİ’de dijitalleşme ile sabit maliyetler artarken değişken maliyetler %20-25 azalmıştır. DHİMİ, IT bütçesinin

%30-35’lik kısmını dijital projelere tahsis ederek 2–3 yıl bandında ROI ve bakım–işletme giderlerinde %20’lerde düşüş elde etmektedir. THY, RPA ve sohbet botlarıyla iş gücü tasarrufu sağlarken, hizmet kalitesi ve deneyimden kaynaklanan talep artışıyla gelir tarafında dolaylı pozitif etki yaratmakta; böylece değerlendirme çerçevesi salt maliyet azaltımdan, değer yaratımına genişlemektedir. “RPA sayesinde işlem süreleri kısalmış ve yakıt maliyetinde de %12 azalma sağlanmıştır.” Dijital dönüşüm projelerine stratejik planla uyumlu olarak bütçenin %15-30’u ayrılmaktadır ve yatırımlarının geri dönüş süresi 2-3 yıla düşmüştür. İGA tarafında ise bütçeleme, her dijital girişimi maliyet/etki analiziyle yürütmekte; otomasyon ve self-servis süreçler personel yükünü azaltırken, memnuniyet ve işlem hızı finansal verimliliği desteklemektedir. “Altyapı yatırımı yüksek, ancak bakım maliyetleri düşmektedir.” Görüşme bulgularına göre, “yıllık yatırımların %40’ı dijital projelere ayrılmakta ve IoT yönetimi sayesinde yatırımın geri dönüş süresi 2 yıla düşmektedir ayrıca dijitalleşme ile enerji tüketimi %8,5 azalmıştır”. Neticede üç kurum da dijital projeleri gider kalemi değil, stratejik yatırım olarak konumlandırmaktadır.

Tablo 6.57. Müşteri Deneyimi ve Rekabet Gücü

Kurum	Bulgular	Yorum
DHMI	“Dijitalleşme sonrası havayolu müşterilerinde memnuniyet artışı ve gecikme oranlarında %25 iyileşme sağlanmıştır.”	Hizmetin dijitalleşmesi müşteri odaklı kamu yönetimi anlayışını güçlendirmektedir.
THY	Mobil uygulama ve chatbot entegrasyonlarıyla müşteri memnuniyeti artmıştır. Dijitalleşme, artan hizmet çeşitliliği sayesinde rekabet avantajı yaratmıştır.	THY, dijitalleşmeyi marka değerinin ayrılmaz parçası haline getirerek “dijital rekabet” paradigmasına uyum sağlamaktadır ayrıca küresel liderlik hedefi koymuştur.
İGA	Dijital uygulamalar yolcu deneyimini kişiselleştirmiş; AskMe robotları, görme engelliler için “Sesli Adımlar”, WhatsApp tabanlı hizmetler memnuniyeti yükseltmiştir. Yolcu memnuniyetinde Avrupa lideri olmak için ileri teknoloji terminal yapısı rekabet gücünü artırmaktadır.	İGA’nın kapsayıcı dijital uygulamaları, müşteri deneyimi ve erişilebilirlikte örnek bir modeldir. Rekabet gücü, kullanıcı merkezli inovasyonla desteklenmektedir.

Müşteri boyutu kurumsal roller gereği farklılaşmaktadır. DHMI’de müşteri, ağırlıklı havayolu operatörleridir; bu nedenle deneyim, operasyonel güvenilirlik ve veri erişim hızının artışı üzerinden tanımlanmaktadır. NOTAM–METAR entegrasyonu ve uçuş bilgi sistemlerinin dijitalleşmesi, operatörlerin planlama kapasitesini yükselterek dolaylı biçimde ayrıca DHMI Online hizmetiyle yolcu memnuniyetine katkı sunmaktadır.

THY’de mobil uygulama, sanal asistan, dijital sadakat ve kişiselleştirilmiş etkileşim stratejileri, temas noktalarını çoğaltmakta ve marka sadakatini güçlendirmekte; rekabet avantajı giderek dijital hizmet kalitesine dayanmaktadır. İGA ise müşteri deneyimini dönüşümün merkezine yerleştirmekte; AskMe robotları, dijital kiosklar, yönlendirme ve WhatsApp tabanlı bilgi hizmetleriyle ölçülebilir memnuniyet artışı elde edilmekte; “Sesli Adımlar” gibi kapsayıcı çözümler erişilebilirlik standartlarını yükseltmektedir. Dijital müşteri deneyimi, kurumların rekabet gücünün belirleyici unsuruna dönüşmektedir.

Tablo 6.68. Sürdürülebilirlik ve Gelecek Perspektifi

Kurum	Bulgular	Yorum
DHMI	“Predictive analytics ile rota optimizasyonu yakıt tüketimini %12 azaltmıştır.” “Akıllı ATC Merkezi” projesi 2030 hedefidir.	DHMI, çevresel sürdürülebilirliği teknoloji tabanlı yaklaşımlarla ve hava sahası optimizasyonu ile desteklemekte; bu, kamu kurumlarında yeşil dijital dönüşüm örneğidir.
THY	Yakıt tasarrufu, karbon azaltımına yönelik ve apron trafiğini azaltan AI projeleri geliştirilmiştir. “2033 vizyonunda dijital ve yeşil havayolu hedefi bulunmaktadır.”	THY, uçuş verimliliği sağlamak için sürdürülebilirlik hedeflerini dijital inovasyonla bütünleştiren bir model izlemektedir.
İGA	IoT tabanlı enerji yönetimi, karbon azaltım, dijital atık yönetimi, enerji tasarruflu teknolojiler ve “Yeşil Rota” projeleri yürütülmektedir. EUROCONTROL A-CDM sistemine entegre edilmiştir. Tam akıllı ve karbon nötr havalimanı olma hedefiyle enerji verimliliği ana amacı olmuştur.	İGA, dijitalleşmeyi çevresel ve operasyonel sürdürülebilirlik stratejisinin merkezine yerleştirmiştir. Avrupa’daki örneklerle paralel bir uygulama düzeyine ulaşmıştır.

Sürdürülebilirlik ekseninde dijitalleşme, çevresel, operasyonel ve ekonomik boyutları birlikte güçlendirmektedir. Her üç kurumda da veri odaklı ve otonom teknoloji temelli olmaları ortak vizyonları olmuştur ve dijitalleşme ile sürdürülebilirlik hedefleri ilişkilidir. DHMI, hava sahası simülasyon sistemleri ve öngörücü analizli rota planlamasıyla yakıt tüketimini %12 azaltarak karbon salımını düşürmekte; yeşil dijitalleşme kamu politikalarıyla uyumlu biçimde kurumsallaşmaktadır. 2030 yılında Akıllı ATC Merkezi olmak hedefi ile çalışmalarını yürütmekte, EUROCONTROL uyumlu Dijital Gökyüzü Projesi ile HTKM-Gümrük ve havayolu entegrasyonu genişletilecek, uçuş rotaları otomatikleşecektir. THY, yapay zekâ destekli yakıt ve apron optimizasyonlarıyla karbon azaltımına katkı sağlayıp enerji verimliliğini artırmakta; 2033 vizyonunda sürdürülebilirlik, dijital stratejinin asli bileşeni olarak görülmektedir. İGA ise IoT tabanlı enerji izleme, dijital atık yönetimi, karbon azaltımı ve enerji tasarruflu

teknoloji projeleri, “Yeşil Rota” ve EUROCONTROL A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) entegrasyonu ile emisyon azaltımını sistematik hale getirmekte; karbon nötr havalimanı hedefi için veri paylaşımını tüm paydaşlara yaymaktadır. Böylece dijitalleşme, verimlilik artışının ötesinde, iklim dostu ve dayanıklı büyümenin temel kaldıraçlarından biri olarak kurumsal stratejilere yerleşmektedir.

6.2. Türk Hava Yolları Bulgularının Değerlendirilmesi

6.2.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi

THY’nin dijital dönüşüm süreci, şirketin kurumsal yapılanmasıyla bütünleşik biçimde yönetilmektedir. 2021 yılında kurulan Turkish Technology iştiraki, dijital dönüşümün operasyonel ve stratejik boyutlarının yürütülmesinden sorumludur ve bu süreçte dijital dönüşümün entegrasyonu “Dijitalleşme Direktörlüğü” birimi ile desteklenmektedir. Şirket, yalnızca iç hizmetleri dijitalleştirmekle kalmayıp, aynı zamanda havacılık teknolojileri üreticisi ve ihracatçısı olarak konumlandırılmaktadır.

THY’nin dijital stratejisi, “Digital Airline Vision 2033” çerçevesinde şekillenmektedir. Bu vizyon, tam entegre dijital ekosistem, müşteri deneyiminde yapay zekâ destekli kişiselleştirme ve sıfır hata operasyon modeli hedeflerini kapsamaktadır. Dijital dönüşüm kararları, doğrudan üst yönetim (Genel Müdür ve Strateji Başkanlığı) tarafından alınmakta; uygulama süreçleri ise Turkish Technology, Bilgi Teknolojileri Başkanlığı ve Operasyonel İnovasyon Birimi tarafından koordine edilmektedir.

Görüşmeler, dijital dönüşümün THY’de yalnızca bir teknoloji yatırımı değil, aynı zamanda kurumsal stratejinin yeniden yapılanma aracı olarak görüldüğünü ortaya koymaktadır. Özellikle büyük veri, yapay zekâ ve siber güvenlik altyapılarına yapılan yatırımlar, THY’nin geleneksel havayolu kimliğinden teknoloji tabanlı küresel marka kimliğine evrildiğini göstermektedir.

Bu dönüşümün kurumsal kültür üzerindeki etkisi de belirgindir. Çalışanların dijital farkındalığı artırılmış, karar alma süreçleri veriye dayalı hale getirilmekte ama veri akışı uyumsuzluklarından dolayı entegrasyon sorunları yaşanabilmektedir. THY, dijitalleşmeyi yalnızca iç süreçlerde değil, tedarik zinciri, bakım-onarım, uçuş planlama ve müşteri etkileşimi gibi tüm boyutlarda kurumsal dönüşümün çekirdeği haline getirmektedir.

6.2.2. İnsan kaynakları

THY'nin dijitalleşme süreci, insan kaynakları yapılanmasında köklü bir değişimi beraberinde getirmektedir. Özellikle Turkish Technology'nin kurulmasıyla birlikte, klasik havacılık uzmanlıkları yerini veri analitiği, süreç otomasyonu, siber güvenlik ve bulut çözümleri konusundaki yeni rollere bırakmaktadır.

Dijital yetkinlikleri geliştirmenin yanı sıra, çalışanların teknolojiye uyumunu kolaylaştırmak amacıyla e-learning platformları üzerinden sertifikalı modüler eğitimler sunulmaktadır.

Görüşmeler, özellikle genç çalışanların bu süreçte yüksek motivasyon gösterdiğini, ancak ileri yaş grubundaki çalışanlarda dijital araçlara adaptasyon konusunda zaman zaman direnç görüldüğünü ortaya koymaktadır.

THY yönetimi, bu adaptasyon sürecini kolaylaştırmak amacıyla mentorluk programları başlatmış, dijital dönüşümü bir kurumsal öğrenme kültürü haline getirmektedir. Ayrıca, yeni pozisyonlar oluşturularak dijital iş gücünün kurumsal hiyerarşide belirgin biçimde konumlandırılması sağlanmaktadır. Dijitalleşme ile kurumda bazı iş tanımlarında da (örneğin mekanik bakımın yerini artık dijital bakımın alması) değişiklikler görülmektedir.

Dijitalleşme, THY'nin insan kaynaklarını niceliksel değil niteliksel olarak yeniden şekillendirmekte, çalışanları dijital dönüşümün aktif paydaşları haline getirmektedir. Bu yaklaşım, dijitalleşmenin yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda örgütsel kültürel dönüşüm olduğunu göstermektedir.

6.2.3. Operasyonel süreçler

THY'de dijitalleşmenin en yoğun hissedildiği alan operasyonel süreçlerdir. Görüşme verilerine göre, uçuş planlamadan bakım süreçlerine kadar uzanan zincirde dijital sistemler, hata oranlarını azaltmakta ve operasyonel sürekliliği artırmaktadır.

Kargo, bakım ve yer hizmetlerinde RPA (Robotik Süreç Otomasyonu) sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler sayesinde, önceden manuel yürütülen yüzlerce işlem artık robotlar tarafından saniyeler içinde tamamlanmakta, böylece insan hatası minimize edilmektedir. Özellikle Predictive Maintenance (Tahmine Dayalı Bakım) teknolojileri sayesinde uçak bileşenlerinin arızalanma olasılıkları önceden tespit edilmekte, gereksiz bakım maliyetleri önlenmektedir.

Yapay zekâ tabanlı Network Planning ve Flight Scheduling sistemleri, hava trafiği,

meteorolojik veriler ve geçmiş istatistikleri analiz ederek uçuş ağının en verimli biçimde planlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca operasyon merkezinde kullanılan Big Data Decision Support System (BD-DSS), pilotlardan yer hizmetlerine kadar tüm paydaşların aynı veri tabanına erişimini mümkün kılmakta, böylece uçuş planlamalarında eşgüdüm sağlanmaktadır.

Dijitalleşme, aynı zamanda güvenlik ve risk yönetimi süreçlerinde de belirleyici olmuştur. AI tabanlı görüntü analizi yazılımları, apron güvenliği, bagaj taraması ve uçak altı kontrollerinde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, operasyonel emniyetin dijital temelde sağlandığını göstermektedir.

Bu bağlamda, THY'nin operasyonel dijitalleşme yaklaşımı, yalnızca verimlilik değil, aynı zamanda emniyet, hız ve maliyet avantajı boyutlarını birlikte optimize eden bütüncül bir sistem dönüşümünü temsil etmektedir.

6.2.4. Finansal etki ve maliyet

THY'de dijitalleşme yatırımları kısa vadede yüksek maliyetli görünse de uzun vadede önemli ölçüde maliyet etkinliği ve gelir artışı sağlamaktadır. “Yıllık bütçe oranı şirketin dijital önceliklerine ve yatırım stratejisine göre değişmekle birlikte genellikle IT bütçesinin %15-30'u dijital dönüşüm projelerine ayrılmaktadır.”

Robotik süreç otomasyonları sayesinde çağrı merkezi operasyonlarında insan gücü ihtiyacı %40 oranında azalmıştır. Dijital müşteri hizmetleri kanallarında (chatbot, sosyal medya destek, mobil uygulama) otomatik yanıt oranı %80'e ulaşmıştır. Bu durum, doğrudan iş gücü maliyetlerinde tasarruf sağlamak ve hız sayesinde işlem sürelerini kısaltmaktadır.

Ayrıca, yapay zekâ destekli yakıt optimizasyon sistemi sayesinde 2023 yılında yalnızca uçuş operasyonlarında 27 milyon USD tutarında yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Bakım süreçlerinde kullanılan dijital ikiz (digital twin) uygulamaları, bakım sürelerini %30 kısaltmış ve uçağın aktif operasyon süresini uzatmaktadır. Ayrıca dijitalleşme yakıt maliyetlerinde %12 azalma sağlamıştır.

THY'de, dijital dönüşüm projelerinin yatırım geri dönüş süresinin (ROI) oranı birçok dijital projede 2-3 yıl arasında gerçekleşmektedir. Ayrıca, dijital kanallar üzerinden gerçekleştirilen bilet satışları toplam satışların %70'ini aşmıştır. Bu oran, dijitalleşmenin doğrudan gelir artırıcı etkisini göstermektedir.

THY, dijitalleşmenin yalnızca maliyet azaltan değil, aynı zamanda gelir yaratan ve

finansal sürdürülebilirliği güçlendiren bir stratejik yatırım olduğunu kanıtlamaktadır.

6.2.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü

THY'nin dijital dönüşüm stratejisinin merkezinde müşteri deneyimi yer almaktadır. Müşteri memnuniyeti artık yalnızca uçuş kalitesiyle değil, uçuş öncesi, sırası ve sonrası dijital etkileşim süreçlerinin yönetimiyle ölçülmektedir.

Şirketin chatbot ve mobil uygulaması, uçuş rezervasyonu, check-in, koltuk seçimi, bagaj takibi ve ödeme süreçlerini tek platformda bütünleştirmektedir. 2023 yılında uygulamaya entegre edilen chatbot “AskTurkish”, doğal dil işleme (NLP) teknolojisiyle yolcuların sorularına anlık yanıtlar verebilmektedir. Ayrıca Apple iş birliğiyle geliştirilen Airtag destekli bagaj izleme sistemi, yolcuların bagajlarını uçuş boyunca canlı olarak takip etmesine olanak tanımaktadır.

Müşteri verilerinin analizine dayalı Personalized Marketing Engine (PME) sistemi, her yolcuya özel kampanya ve öneriler üretmekte; bu sistem, THY'nin dijital sadakat programı olan “Miles&Smiles” ile bütünleşmiş çalışmaktadır. Böylece müşteri sadakati, yalnızca mil kazanımıyla değil, kişiselleştirilmiş dijital deneyimlerle güçlendirilmektedir.

Hizmet çeşitliliği artışı, THY'nin küresel rekabet gücünü önemli ölçüde artırmaktadır. 2023–2024 döneminde müşteri memnuniyet anketlerinde %12'lik artış, dijital dönüşümün somut çıktılarından biridir. Dijital müşteri deneyimi, THY'yi sadece havayolu değil, uçtan uca dijital seyahat platformu kimliğine yaklaştırmaktadır.

6.2.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi

THY'nin sürdürülebilirlik yaklaşımı, dijitalleşme ile doğrudan bağlantılıdır. “Yeşil Dijital Havayolu” vizyonu çerçevesinde, yapay zekâ, veri analitiği ve otomasyon sistemleri çevresel performansı artırmak için kullanılmaktadır.

“Uçuş planlama süreçlerinde kullanılan eco-flight algoritmaları, rüzgâr yönü, sıcaklık, hava yoğunluğu ve rotadaki trafik verilerini analiz ederek yakıt tüketimini optimize etmektedir. Bu uygulama, yılda ortalama 70 bin ton CO₂ salımını engellemektedir.”

Ayrıca THY, Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla Airbus ve Boeing ile ortak dijital izleme projeleri yürütmektedir. Bu sistem, yakıt türüne bağlı emisyon miktarlarını gerçek zamanlı izleyerek, sürdürülebilirlik raporlamasını daha doğru hale getirmektedir.

Bakım ve onarım süreçlerinde kullanılan dijital ikiz modelleri, gereksiz parça

değişimini önleyerek hem atık miktarını azaltmakta hem de kaynak verimliliği sağlamaktadır. Bunun yanında, “Paperless Cockpit projesi kapsamında uçuş belgeleri tamamen dijital ortama aktarılmış, böylece yıllık ortalama 15 ton kâğıt tasarrufu sağlanmaktadır.”

THY’nin geleceğe yönelik dijitalleşme hedefleri arasında, karbon-nötr operasyon modeline geçiş, yapay zekâ tabanlı enerji optimizasyonu ve akıllı apron sistemlerinin devreye alınması yer almaktadır. Ayrıca, 2033 vizyonu doğrultusunda, yolcu deneyiminde ilk üçe girmek, tam otomasyon bakım ve tamamen kişiselleştiren bir “smart travel” platformunun oluşturulması planlanmaktadır.

THY’nin dijital dönüşüm süreci sürdürülebilirlik stratejisiyle bütünleşmiş durumdadır. Şirket, çevresel etkiyi azaltırken operasyonel verimliliği artırmakta; dijitalleşmeyi hem rekabet avantajı hem de çevresel sorumluluk aracı olarak kullanmaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, THY’yi yalnızca Türkiye’nin değil, küresel ölçekte dijital havacılığın öncü aktörlerinden biri konumuna taşımaktadır.

6.3. İstanbul Havalimanı Bulgularının Değerlendirilmesi

6.3.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi

İstanbul Havalimanı (İGA), kuruluş aşamasından itibaren dijital bir havalimanı olarak tasarlanmıştır. Bu yönüyle diğer kurumlara kıyasla dijitalleşmeyi yapısına entegre etmiş bir işletmedir. Dijital dönüşüm, “Bilgi Teknolojileri” ve “Dijital Hizmetler” birimlerinin koordinasyonunda “Innovation Hub” kültürüyle yürütülmektedir.

İGA’nın stratejik hedefleri arasında dijitalleşme, müşteri deneyimiyle doğrudan bağlantılı bir kurumsal önceliktir. “Kurum, “ölçemezseniz yönetemezsiniz” prensibiyle süreçleri ölçülebilir sistemler üzerinden yürütmektedir.” Bu yönüyle İGA, dijital dönüşümünü veri temelli yönetim yaklaşımıyla yöneten bir akıllı havalimanı örneğidir.

6.3.2. İnsan kaynakları

İstanbul Havalimanı (İGA), dijital dönüşüm sürecinde insan kaynaklarını hem yapısal hem kültürel açıdan dönüştürmüştür. Görüşme bulgularına göre İGA’da dijitalleşme, yalnızca teknik altyapı yatırımlarıyla değil, kurumsal öğrenme ve çalışan yetkinliği odaklı bir stratejiyle yürütülmektedir. Dijital dönüşüm sürecinde kurum, personelinin yalnızca işgücü değil, kültürel dönüşümün aktif paydaşı olarak gördüğünü

belirtmektedir.

İGA'nın dijital dönüşümle birlikte oluşturduğu yeni kadrolar arasında “Dijital Dönüşüm ve Kanal Yönetimi Uzmanı”, “Dijital Ürün Yöneticisi”, “Enerji Uzmanı”, “IoT Mühendisi” ve “Dijital Süreç Geliştirme Uzmanı” gibi pozisyonlar yer almaktadır. Ayrıca personel yönlendirme birimi artık yerini veri yönetimi birimine bırakmıştır. Bu roller, dijital ürünlerin geliştirilmesi ve kurum içi süreçlerin optimize edilmesi gibi işlevleri yürütmektedir. Bu çeşitlilik, İGA'nın çevik (agile) bir insan kaynakları modeli benimsediğini göstermektedir.

İGA, dijital yetkinlik gelişimini kurumsallaştırmak amacıyla 2020 yılında “İGA Akademi”yi hayata geçirmiştir. Akademi, çalışanlara yönelik olarak simülasyon-görüntü işleme, yapay zekâ, veri analitiği, dijital müşteri deneyimi, siber güvenlik ve proje yönetimi gibi konularda sürekli eğitimler sunmaktadır. Ayrıca bu eğitimler sadece teknik personelle sınırlı kalmamakta; pazarlama, finans, operasyon ve insan kaynakları birimlerinde çalışan personel için de dijital farkındalık programları uygulanmaktadır. Bu durum, dijital dönüşümün kurumsal çapta bütünsel bir öğrenme kültürü oluşturduğunu göstermektedir.

İGA'da dijitalleşmenin insan kaynağı üzerindeki etkileri hem pozitif kültürel dönüşüm hem de organizasyonel adaptasyon düzeyinde hissedilmektedir. Görüşmelerde, “çalışanların dijital süreçlere geçişte yüksek motivasyon sergiledikleri, ancak hızlı dönüşüm temposunun bazı birimlerde rol belirsizliği ve iş yükü artışı gibi sorunlar yarattığı” belirtilmiştir. Bu duruma karşı kurum, dijital mentor programları ve departmanlar arası rotasyon uygulamaları başlatarak çalışanların farklı dijital sistemlerle deneyim kazanmasını sağlamaktadır.

Dijitalleşmenin İGA'daki bir diğer sonucu, kurum içi iletişim biçimlerinin yeniden şekillenmesidir. Geleneksel raporlama yöntemleri yerini dashboard tabanlı performans izleme sistemlerine bırakmıştır. Bu durum, çalışanlarda dijital sorumluluk bilincini artırmış, ölçülebilir hedefler aracılığıyla performansın daha objektif biçimde izlenmesine olanak tanımaktadır.

Üst yönetimin dijital dönüşümü stratejik hedef olarak sahiplenmesi, alt birimlerde güçlü bir motivasyon zinciri yaratmaktadır. Bu sahiplenme, çalışanlar arasında teknolojiye direniş olgusunun asgari düzeyde kalmasını sağlamış ve dijitalleşme süreci çalışanlar tarafından kişisel gelişim fırsatı olarak algılanmaktadır.

İGA'da dijitalleşme süreci yalnızca teknolojik sistemlerin modernizasyonu değil, aynı zamanda insan sermayesinin yeniden yapılanması anlamına gelmektedir. Bu

yaklaşım, kurumun uzun vadede sürdürülebilir rekabet gücünü destekleyen en önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir.

6.3.3. Operasyonel süreçler

İGA, operasyonel süreçlerinde akıllı terminal sistemleri, 5G altyapısı, CRM, RPA, IoT, RFID bagaj sistemi, chatbot ve yapay zekâ gibi çoklu teknolojileri bütünleşik biçimde kullanmaktadır. WhatsApp tabanlı uçuş sorgulama, otopark ödeme, navigasyon ve bagaj bilgilendirme sistemleri, dünya havalimanları arasında öncü uygulamalardandır. “Ayrıca Sesli Adımlar uygulamasıyla görme engelli yolcuların terminal içinde bağımsız hareket edebilmesi sağlanmaktadır.” Yolcu akışında yoğunluk ölçümü için 110.000’den fazla IoT sensörü bulunmaktadır. “AOCC (Airport Operation Control Center)’de yapay zeka destekli tahminci analiz ile tüm operasyonlar tek merkezden yürütülmektedir.”

Bu sistemler, yalnızca operasyonel hız kazandırmakla kalmayıp maliyet açısından da verimlilik sağlamaktadır. İGA’nın dijital süreçlerindeki yolcu akış optimizasyonu, hata oranlarının düşmesi ve işlem sürelerinin kısalması, operasyonel mükemmeliyetin dijital altyapıyla sağlandığını göstermekte ve gelecekte tam otonom terminal yapısına geçmeyi hedeflemektedir.

6.3.4. Finansal etki ve maliyet

“Akıllı terminal yatırımlarının uzun vadeli finansal denge sağladığı çıktısıyla İGA’nın dijital dönüşüm yatırımlarında finansal sürdürülebilirlik ilkesini benimsenmektedir. Dijitalleşme ile altyapı yatırımları artarken bakım maliyetleri azalmaktadır.” İGA’da dijital projelerin maliyet değerlendirmesi, insan kaynağına dayalı süreçlerle karşılaştırmalı olarak yapılmakta ve dijital proje bütçesi için yıllık yatırımın %40’ı akıllı sistemlere ayrılmaktadır. Chatbot, otomasyon ve dijital ödeme sistemleri sayesinde personel yükü azaldığı için iş gücü verimliliği artmış, maliyetlerde %8,5 azalma görülmektedir. ROI hesaplamaları, geleneksel finansal göstergeler yerine iş gücü verimliliği ve müşteri memnuniyeti kriterleriyle yapılmaktadır. Yatırımın geri dönüş oranı, IoT enerji yönetimi ile birlikte 2 yıla düşmüştür.

6.3.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü

İGA’nın dijital dönüşüm vizyonu, müşteri deneyimini merkeze almaktadır. “Dijital kiosklar, Sesli Adımlar uygulaması, biyometrik geçiş, mobil yönlendirme uygulaması, yolcu yoğunluk tahmini, AskMe robotları ile yönlendirme sistemleri ve chatbotlar sayesinde yolcuların havalimanı

deneyimi kişiselleştirilmiştir.”

Kapsayıcı uygulamalar, yeşil dönüşüm projeleri ve akıllı yönlendirme sistemleri, İGA’nın rekabet gücünü artırmakta; onu teknolojik havalimanı kimliğiyle rakiplerinden farklılaştırmaktadır. Ayrıca görüşmede katılımcının “Mobil uygulama üzerinden QR kod ile sadakat programı yürütülmektedir.” aktarımı dijitalleşmenin havalimanı işletmeciliğinde sadece verimlilik değil, aynı zamanda marka itibarı yarattığını göstermektedir.

6.3.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi

İstanbul Havalimanı (İGA), sürdürülebilirlik kavramını yalnızca çevresel bir sorumluluk alanı olarak değil, aynı zamanda dijitalleşme ile iç içe geçmiş bütüncül bir yönetim paradigması olarak ele almaktadır. Görüşme bulguları, kurumun enerji verimliliği, atık yönetimi, karbon emisyonu azaltımı ve yeşil inovasyon konularında dijital teknolojileri etkin biçimde kullandığını göstermektedir. Bu durum, İGA’nın sürdürülebilirlik yaklaşımını geleneksel çevre yönetimi sınırlarının ötesine taşıyarak, akıllı ve yeşil havalimanı konseptiyle bütünleştirdiğini ortaya koymakta ve LEED sertifikasyon süreçlerini desteklemektedir.

İGA’nın sürdürülebilirlik politikalarının temelinde, dijital altyapı ve veri analitiği ile desteklenen IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı enerji yönetim sistemleri yer almaktadır. Bu sistemler aracılığıyla terminal binalarındaki iklimlendirme, aydınlatma, yürüyen merdiven, asansör ve su tüketimi gibi parametreler anlık olarak izlenmekte ve otomatik olarak optimize edilmektedir. Bu uygulama, enerji verimliliğinin sadece çevresel değil, aynı zamanda finansal bir sürdürülebilirlik faktörü haline geldiğini göstermektedir.

Atık yönetimi süreci de tamamen dijitalleştirilmiştir. “Akıllı Atık Takip Sistemi” aracılığıyla atıkların toplanması, taşınması ve geri dönüştürülmesi süreci sensörler üzerinden izlenmekte; bu sayede insan hatası minimize edilmekte ve süreçlerin izlenebilirliği artmaktadır. Ayrıca, dijital raporlama sistemi sayesinde karbon ayak izi verileri düzenli olarak analiz edilmekte ve kamuya açık raporlarla paylaşılmaktadır. Bu şeffaflık, İGA’nın çevresel performansını ölçülebilir hale getirmiş ve kurumsal hesap verebilirliği güçlendirmektedir.

Görüşme sonuçları, İGA’nın %26,8 oranında sera gazı emisyonu azaltımı sağladığını göstermektedir. Bu başarıda hem IoT tabanlı enerji izleme sistemleri hem de otomatik bakım planlama yazılımları etkili olmuştur. Bu sayede hem karbon salınımı hem

de bakım maliyetleri düşmektedir.

Kurumun sürdürülebilirlik stratejisinin bir diğer önemli bileşeni, yeşil enerji yatırımlarıdır. Görüşmelerde vurgulandığı üzere, “Eskişehir’de inşası süren 200 MW kapasiteli yenilenebilir enerji santrali tamamlandığında, İstanbul Havalimanı’nın enerji ihtiyacının tamamı yenilenebilir kaynaklardan karşılanacaktır.” Bu yatırım, İGA’yı dünyadaki karbon nötr havalimanı statüsüne ulaşma hedefinde öncü bir konuma taşımaktadır.

İGA 2022 yılında EURUCONTROL A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) sistemine tam entegrasyon sağlamaktadır. Bu sistem, havayolu şirketleri, yer hizmetleri ve hava trafik kontrol birimleri arasında anlık veri paylaşımını mümkün kılarak, uçuşların zamanında kalkışını desteklemektedir. Böylece hem operasyonel verimlilik hem de yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Sürdürülebilirlik yalnızca çevresel değil, sosyal ve kurumsal boyutlarda da dijitalleşme ile ilişkilendirilmektedir. “Görme engelli yolcular için geliştirilen “Sesli Adımlar” uygulaması, kapsayıcı hizmet anlayışını güçlendirmekte; mobil cihazlar aracılığıyla terminalde bağımsız hareket etmelerine imkân tanımaktadır.” Bu örnek, dijitalleşmenin yalnızca çevreye değil, toplumsal erişilebilirliğe de katkı sunduğunu göstermektedir.

“İGA’nın uzun vadeli hedefleri arasında, 2030 yılına kadar karbon nötr havalimanı statüsünü elde etmek, dijital sürdürülebilirlik raporlamasını uluslararası standartlara uyumlu hale getirmek, tüm terminal süreçlerinde yapay zekâ destekli enerji yönetimine geçmek ve ileri teknoloji terminal yapısıyla yolcu memnuniyetinde Avrupa lideri olmak bulunmaktadır.”

İGA örneğinde, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik birbirinden ayrılmaz iki kavram haline gelmiştir. Dijital teknolojiler, çevresel performansı artırmanın yanı sıra kurumsal verimlilik, maliyet etkinliği ve sosyal sorumluluk boyutlarında da sürdürülebilir kalkınmanın temel itici gücü olarak konumlanmaktadır. Bu durum, İstanbul Havalimanı’nı yalnızca operasyonel büyüklüğüyle değil, yeşil ve dijital dönüşümü eş zamanlı yöneten öncü bir küresel havacılık modeli haline getirmektedir.

6.4. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Bulguların Değerlendirilmesi

6.4.1. Kurumsal yapı ve dijital dönüşüm yönetimi

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI), dijital dönüşüm sürecinde kurumsal yapılanmasını yeniden şekillendirmektedir. 2021 Ağ Sistemleri Yenileme Projesi’nde Huawei ve Innova ile iş birliğine gitmiştir. Hava Trafik Kontrol Merkezi (HTKM) bünyesinde oluşturulan Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Ekibi, Hava Trafik Yönetimi Daire

Başkanlığı'na bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Bu yapılanma, kurumun dijitalleşmeyi teknik bir destek faaliyeti olmaktan çıkarıp karar süreçlerine entegre ettiğini göstermektedir. DHMİ'nin dönüşüm politikaları, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın ulusal dijitalleşme stratejileri ve EUROCONTROL standartları ile uyumluluk temelinde ilerlemektedir.

Karar alma süreçlerinde risk analizi, simülasyon testleri ve pilot uygulamalar önemli rol oynamaktadır. Bu yönüyle DHMİ'nin dijital dönüşümü, kamu yönetimi geleneğinin bir uzantısı olarak merkezi onay, uluslararası standart ve güvenlik odaklı biçimde Hava Trafik Yönetimi Daire Başkanlığı, Bilgi Teknolojileri birimi ve SHGM temsilcilerinin yer aldığı bir komite ile yürütülmektedir. Kurumun dönüşüm sürecinde karşılaştığı zorluklar arasında, yüksek altyapı maliyetleri, radar ve navigasyon sistemlerinin entegrasyon güçlükleri ve artan siber güvenlik tehditleri öne çıkmaktadır. “DHMİ’de merkeziyetçi yapıdan ve vardiya sistemlerine karşı gösterilen dirençten dolayı dijital dönüşüm süreci yavaş ilerlemektedir.” Ancak bu zorluklara rağmen, DHMİ'nin veri odaklı karar kültürü geliştirdiği ve kurumsal yapının dijital dönüşüm ilkeleriyle uyumlu hale geldiği gözlenmektedir.

6.4.2. İnsan kaynakları

DHMİ’de dijitalleşme, insan kaynakları yapısında niteliksel bir dönüşüm yaratmaktadır. “Manuel radar izleme gibi görevlerden dijital veri analizi, sistem entegrasyonu, siber güvenlik ve otomasyon gibi alanlara geçilmektedir.” Bununla birlikte, hava trafik predictive analitiğine ihtiyaç artmaktadır. DHMİ, bu dönüşüm sürecinde “reskilling” (yeniden beceri kazandırma) ve “upskilling” (mevcut becerilerin dijitalleştirilmesi) politikalarını sistematik biçimde uygulamaktadır.

Bulgulara göre, “DHMİ son beş yılda özellikle Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı ve Hava Trafik Yönetim Dairesi altında yeni pozisyonlar istihdam etmektedir. Bunlar arasında “Siber Güvenlik Analisti”, “Trafik Veri Entegrasyon Uzmanı”, “Otonom ATC Mühendisi” ve “ATC Veri Analitiği Uzmanı” gibi görevler öne çıkmaktadır.”

Ancak görüşmeler, bu dönüşümün çalışanlar açısından merkeziyetçi yapıyla süreçlerin yavaş ilerlemesinden ve vardiya sistemindeki değişimden kaynaklı bazı zorluklar da doğurduğunu göstermektedir. “Özellikle ileri yaş grubundaki çalışanların yeni sistemlere uyum sağlama süreçlerinde bilişsel direnç yaşadıkları, geleneksel görev tanımlarının dijital sistemlerle yeniden tanımlanmasının belirsizlik algısını artırdığı” ifade edilmiştir. Bu bağlamda

DHMI yönetimi, adaptasyonu kolaylaştırmak için mentorluk temelli karma eğitim modelleri ve simülasyon tabanlı ATC eğitimleri geliştirmektedir.

Dijitalleşme süreci, DHMI'deki örgütsel kültürün de yeniden yapılanmasına zemin hazırlamakta ve insan kaynağının bilgi temelli dönüşümünü sağlayan stratejik bir işlev görmektedir. Kurumun geleneksel yapısı, dijital dönüşümle birlikte katılımcı bir anlayışa evrilmektedir. Kamu personel sisteminin sınırları içinde kalmakla birlikte, dijital çağın gerektirdiği yetkinliklere sahip yeni bir profil geliştirmeyi başarmaktadır. Ek olarak, DHMI'nin bilgi temelli insan kaynağına geçişi uzun vadede operasyonel verimliliği artırmaktadır.

6.4.3. Operasyonel süreçler

DHMI'nin dijitalleşme süreci, operasyonel düzeyde özellikle hava trafik yönetimi, bilgi paylaşımı ve bakım otomasyonu alanlarında belirgin sonuçlar doğurmaktadır. “Otomasyon sistemleri, 5G tabanlı gerçek zamanlı veri paylaşımı, predictive ATC çözümleri ve NOTAM-METAR veri entegrasyonları, operasyonel süreçlerde hata oranlarını ve bakım maliyetlerini düşürmekte, zaman yönetimini optimize ederek etkiyi en yükseğe çıkarmaktadır.” Hava trafiğinde kesinti sürelerini azaltan ulusal yazılım olan “HTK-BİLEK” ve “HTK-BİLEK IDS” sistemleri aracılığıyla bilgi akışı hızlanmış; DHMI Online Arşiv Uygulaması sayesinde belge yönetimi dijital ortama taşınmaktadır.

Bu uygulamalar, insan müdahalesine dayalı süreçlerin otomasyonla yer değiştirmesini sağlamış, böylece hizmet sürekliliği ve güvenilirlik artmaktadır. Özellikle 2021 Ağ Yenileme Projesi sonrasında NOTAM ve METAR dijitalleşmesiyle operasyonel süreçlerde sistem kesintilerinin %60 oranında azalması, dijital dönüşümün operasyonel verimlilik üzerindeki etkisini somut biçimde ortaya koymaktadır. DHMI örneğinde dijitalleşme bir diğer somut çıktısı da hava trafik modernizasyonudur. Sonuç olarak, DHMI'de dijitalleşme kamu hizmetinin kesintisiz sunulmasında etkinlik ve şeffaflık kazandıran bir araç haline gelmektedir.

6.4.4. Finansal etki ve maliyet

Dijitalleşme ile DHMI'nin sabit maliyetleri artarken değişken maliyetlerinde %20-25 azalma görülmüştür. DHMI, dijitalleşmeye yönelik bütçe planlamasında yıllık IT bütçesinin %30–35'ini dijital projelere ayırmaktadır. Bu oran, kamu ölçeğinde oldukça yüksektir ve dönüşümün stratejik öncelik kazandığını göstermektedir. “Huawei–İnnova iş

birlikleri kapsamında yürütülen ağ yenileme projeleri, kısa vadede yüksek yatırım maliyeti doğursa da, uzun vadede bakım ve işletme giderlerinde %20'ye varan azalma sağlamaktadır ve bu da gelirleri artırmaktadır.”

“Ağ yenilemelerinde yatırım geri dönüş süresi (ROI) yaklaşık 2–3 yıl arasında gerçekleşmektedir.” Yapay zekâ ve büyük veri uygulamalarıyla hava trafik yoğunluğu artmasına rağmen operasyonel maliyetlerin düşmesi, dijitalleşmenin verimlilik temelli maliyet avantajı yarattığını kanıtlamaktadır.

6.4.5. Müşteri deneyimi ve rekabet gücü

DHMI'nin müşterileri doğrudan bireysel yolcular değil, havayolu şirketleridir. Bu nedenle müşteri deneyimi, operasyonel güvenilirlik ve bilgiye erişim hızına odaklanmaktadır. DHMI Online üzerinden uçuş ve NOTAM bilgilerinin anlık paylaşımı, havayolu şirketleri açısından zaman tasarrufu ve operasyonel planlama kolaylığı sağlamaktadır.

“Dijitalleşme sonrası uçuş gecikmelerinde %25 oranında iyileşme kaydedilmektedir.” Bu durum, kamu kurumlarında dijitalleşmenin dolaylı biçimde hava sahası kapasitesiyle müşteri memnuniyetine katkı sunduğunu göstermektedir. DHMI'nin rekabet gücü, doğrudan ticari rekabetten ziyade uluslararası performans uyumluluğu üzerinden değerlendirilebilmektedir. Görüşmede katılımcının “Küresel trendlerde (IATA Dijital Gökyüzü) öncü konumda, ancak tam AI otonomisinde gelişmekte” ifadesi, DHMI'nin rekabet düzeyini belirtmektedir. EUROCONTROL yürütülen dijital entegrasyon projeleri, Türkiye hava sahasının küresel havacılık ağındaki stratejik önemini güçlendirmekte ve Avrupa hava sahasında verimlilik sağlamaktadır.

6.4.6. Sürdürülebilirlik ve gelecek perspektifi

DHMI, dijitalleşmeyi yalnızca verimlilik aracı olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma stratejisinin bir bileşeni olarak ele almaktadır. Predictive analytics ile rota optimizasyonu projeleri, yakıt tüketiminde %12 azalma sağlamış ve karbon ayak izinin düşürülmesine katkıda bulunmuştur. “Navigasyon sistemlerindeki yenilemeler ve hava sahası simülasyon sistemleri ile hava sahası optimizasyonu sağlanmakta ve sürdürülebilirlik desteklenmektedir.” Ek olarak, dijitalleşme ile gerçek zamanlı emisyon takibi sağlanarak DHMI, Ulaştırma Bakanlığı'nın 2050 yeşil havacılık hedeflerine katkı sağlamaktadır.

Kurumun 2030 hedefleri arasında, AI tabanlı “Akıllı ATC Merkezi” kurulumu yer

almaktadır. Bu proje, tam otonom trafik yönetimi ve seyrüsefer sistemi, blockchain tabanlı veri paylaşımı gibi ileri dijital çözümleri kapsamaktadır. Ek olarak, EUROCONTROL uyumlu Dijital Gökyüzü Projesi ile HTKM-Gümrük ve havayolu entegrasyonu genişletilecek, uçuş rotaları otomatikleşecektir. DHMİ örneğinde sürdürülebilirlik, teknolojik inovasyonla bütünleşmiş uzun vadeli bir kamu politikası haline gelmiştir.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, dijitalleşmenin havacılık sektörü üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir perspektifle incelemiş; Türk Hava Yolları (THY), İstanbul Havalimanı (İGA) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) örneklerinden hareketle Türkiye’de dijital dönüşümün etkilerini ortaya koymaktadır. Elde edilen nitel bulgular, dijitalleşmenin yalnızca teknolojik bir yenilik süreci olmadığını; kurumsal kültür, insan kaynakları, yönetim anlayışı, gelir modelleri, finansal süreçler, operasyonel verimlilik, müşteri deneyimi ve sürdürülebilirlik boyutlarında kapsamlı bir dönüşüm dinamiği oluşturduğunu göstermektedir.

Üç kurumun analizi, dijital dönüşümün farklı örgütsel yapılarda farklı hızlarda ilerlediğini, ancak stratejik hedefinin ortak olduğunu ortaya koymaktadır: rekabet gücü kazanımı, operasyonel mükemmeliyet, müşteri memnuniyeti, finansal sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluk. DHMİ kamu hizmetinde dijitalleşme aracılığıyla istikrar ve güvenliği güçlendirmekte, THY dijitalleşmeyi inovasyonun ve rekabet üstünlüğünün kaynağına dönüştürmekte, İGA ise dijitalleşmeyi kurumsal kimliğin temel bileşeni olarak konumlandırmaktadır.

Küresel rekabetin yoğun olduğu havacılık sektöründe dijital teknolojilerin etkin kullanımı, şirketlerin rakiplerine kıyasla farklılaşmasını sağlamaktadır. Biyometrik geçiş, dinamik fiyatlandırma, kişiselleştirilmiş hizmetler ve entegre dijital platformlar, müşteri sadakatini artırarak marka değerini güçlendirmektedir. Delta Airlines ve Lufthansa gibi şirketler, dijitalleşme stratejileri sayesinde hem operasyonel hem de pazarlama alanında öncü konuma gelmektedirler (Işıl, 2021).

Dijitalleşme, havayolu şirketlerine e-ticaret platformları, premium dijital hizmet paketleri, veri odaklı sadakat programları ve dinamik reklamcılık gibi yeni gelir kaynakları yaratma imkânı sunmaktadır (Poulaki ve Katsoni, 2020). Özellikle mobil uygulamalar üzerinden kişiselleştirilmiş teklif ve çapraz satış yöntemleri, ek gelir potansiyelini artırmaktadır.

Araştırma sonuçları, dijital dönüşümün havayolu ve havalimanı değer zincirinde yapısal bir kırılma yarattığını ortaya koyan çalışmalarla örtüşmektedir (Meydan, 2023; Molchanova, 2021; Yavaş, 2022). Yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), blok zincir ve biyometrik teknolojiler; uçuş planlama, bakım yönetimi, güvenlik süreçleri ve yolcu hizmetleri başta olmak üzere havacılık operasyonlarının tüm aşamalarında verimlilik artışı sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında THY, İGA ve

DHMI’de gözlemlenen dijital uygulamalar, dijitalleşmenin operasyonel etkinliğin ötesinde stratejik rekabet gücünün temel belirleyicisi haline geldiğini doğrulamaktadır.

Havalimanı yönetimi bağlamında elde edilen bulgular, dijitalleşmenin havalimanlarını geleneksel altyapı işletmeleri olmaktan çıkararak akıllı, bütünleşmiş ve veri temelli yönetilen sistemlere dönüştürdüğünü göstermektedir. Artar ve Türkay’ın (2021) “Havalimanı 4.0” yaklaşımı ile Göçmen’in (2024) dijital inovasyon vurgusu, İGA örneğinde somut biçimde karşılık bulmaktadır. Dijital ikizler, büyük veri, bulut sistemler, gerçek zamanlı veri izleme sistemleri, biyometrik geçişler ve yapay zekâ destekli tahminleme araçları; hem operasyonel sürekliliği hem güvenliği hem de yolcu deneyimini güçlendirmektedir. Bu dönüşüm, veri temelli yönetim kültürünü güçlendirirken kesintisiz hizmet sunulmasını da sağlamaktadır. Ayrıca havalimanlarını yalnızca ulaşım noktaları değil, aynı zamanda yüksek katma değerli lojistik ve hizmet merkezleri haline getirmektedir.

La ve arkadaşlarının (2021) hava trafik kontrolü (ATC), havalimanları ve havayolu işletmeleri örnekleri üzerinden ortaya koyduğu gibi, uçuş planlama ve güvenlik süreçlerinde dijitalleşme düzeyi arttıkça hava taşımacılığı sisteminin performansı da yükselmektedir. Bu çalışmada da dijital altyapıya daha erken ve bütüncül yatırım yapan kurumların, krizlere karşı daha dayanıklı ve rekabetçi olduğu görülmektedir. Ayrıca Covid-19 pandemisinin dijital dönüşümü hızlandırıcı etkisi Kováčiková ve arkadaşlarının (2022) bulgularıyla uyumlu biçimde, özellikle temassız teknolojiler ve biyometrik sistemler aracılığıyla Türkiye örneklerinde de belirginleşmiştir.

Müşteri deneyimi boyutunda elde edilen sonuçlar, dijitalleşmenin yolcu odaklı hizmet anlayışını köklü biçimde dönüştürdüğünü göstermektedir. Cankurtaran (2021) ile Çıkmaz, Baltacı ve Kanuşağı’nın (2024) ortaya koyduğu üzere; self check-in, temassız biniş, kişiselleştirilmiş dijital bildirimler, konum bazlı hizmetler, entegre seyahat asistanları ve entegre mobil uygulamalar yolcu memnuniyetini ve sadakatini artırmakta ve örgütsel kültür anlayışını artırmaktadır. Bu çalışmada da rezervasyon sürecinden bagaj teslimine kadar her adımda dijital müşteri deneyiminin yalnızca hizmet kalitesini yükseltmekle kalmadığı, aynı zamanda hız, güvenlik gibi dijital çözümler sağladığı ve marka değeri ile rekabet avantajı yaratan stratejik bir unsur haline geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapay zekâ uygulamalarına ilişkin bulgular, havacılık sektöründe karar alma mekanizmalarının dönüşümünü açık biçimde ortaya koymaktadır. Macit (2025) ile

Geske, Herold ve Kummer'in (2025) vurguladığı üzere, yapay zekâ insan karar vericilerin yerini alan bir unsur değil; bilgi paylaşımını, öngörü yeteneğini ve veri temelli yönetimi güçlendiren bir “karar destek sistemi” olarak konumlanmaktadır. Yapay zeka hem havaalanı operasyonlarında hem de hava trafiği akışında karar alma mekanizmasını güçlendirmektedir. THY, İGA ve DHMİ örneklerinde yapay zekâ; hava trafiği tahmini, bakım planlaması, güvenlik ve kriz yönetimi alanlarında kurumsal dayanıklılığı artıran temel bir araç olarak kullanılmaktadır.

Dijital dönüşümün kurumsal düzeyde başarısı, dijital olgunluk kavramı çerçevesinde de değerlendirilebilir. Kıyıklık, Kuşakcı ve Mbowe (2022) ile Turgut'un (2025) çalışmaları, dijitalleşmenin yalnızca teknoloji yatırımıyla değil; örgüt kültürü, liderlik, çalışanların dijital yetkinlikleri ve stratejik vizyonla doğrudan ilişkili ve dijital olgunluğu yüksek işletmelerin daha rekabetçi, şeffaf, verimli ve sürdürülebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bu araştırmada da dijital dönüşümün sürdürülebilirliğinin, insan kaynağına yapılan yatırımlar ve yönetim kapasitesiyle yakından bağlantılı olduğu belirlenmiştir.

Kamu işletmeleri bağlamında elde edilen bulgular, Arslan ve Atay'ın (2025) DHMİ özelindeki tespitlerini desteklemektedir. Dijitalleşme, kamu hizmetlerinde yalnızca operasyonel verimlilik değil; güvenlik, şeffaflık, hesap verebilirlik ve hizmet kalitesi açısından da belirleyici bir unsur haline gelmiştir. Dijitalleşme, kamu hizmetlerinde yalnızca teknolojik bir yenilik değil, kurumsal yeniden yapılanmanın da temel unsuru olmuştur. DHMİ örneği, kamu sektöründe dijital altyapı geliştirme ve insan kaynağının dijital yetkinliklerinin artırılması açısından model niteliği taşımaktadır.

Bununla birlikte, araştırma sonuçları dijital dönüşüm sürecinin çeşitli sınırlılıklarla karşı karşıya olduğunu da ortaya koymaktadır. Yüksek teknolojik yatırım maliyetleri, siber güvenlik riskleri, düzenleyici uyum süreçleri ve nitelikli insan kaynağı eksikliği, dijitalleşmenin önündeki temel engeller arasında yer almaktadır. İnsan-makine etkileşiminin yönetilmesi ve dijital farkındalık düzeyinin artırılması, dönüşümün sürdürülebilirliği için kritik görülmüştür (Thums vd., 2023; Yavaş, 2022). Bu nedenle dijital dönüşümün başarısı, teknolojik altyapının yanı sıra insan sermayesi, yönetim kapasitesi ve uzun vadeli stratejik planlamanın eş zamanlı gelişimini zorunlu kılmaktadır.

Sonuç olarak, dijitalleşme havacılık sektöründe artık bir seçenek değil; rekabetçi varlığın, kurumsal dayanıklılığın ve sürdürülebilir büyümenin temel koşulu haline gelmiştir. Türkiye’de THY, İGA ve DHMİ örnekleri üzerinden şekillenen dijital havacılık

ekosistemi; veri temelli yönetim ve sürdürülebilirlik ekseninde bütünleşen özgün bir dönüşüm modeli sunmaktadır. Bu modelin başarısı, dijital teknolojilerin insan faktörüyle dengeli biçimde bütünleştirilmesine ve dijitalleşmenin stratejik bir yönetim aracı olarak konumlandırılmasına bağlıdır. Bununla birlikte, insan kaynağı eksiklikleri, yüksek teknolojik yatırım maliyetleri, siber güvenlik riskleri ve düzenleyici uyum süreçleri dijital dönüşümün önündeki başlıca sınırlayıcı faktörlerdir. Bunun yanı sıra, tahmine dayalı bakım sistemleri, beklenmedik arızaları önleyerek uçuş iptallerini minimize ederek bakım maliyetlerini düşürmekte ve Robotik Süreç Otomasyonu (RPA), tekrarlayan idari görevleri dijital ortama aktararak iş gücü tasarrufu sağlamaktadır. Bu sayede, işletmeler kaynaklarını stratejik önceliklere yönlendirebilmektedir. Dolayısıyla dijital dönüşümün başarıya ulaşabilmesi, teknolojik altyapının yanı sıra insan sermayesi, yönetim kapasitesi, yatırım planlaması ve stratejik vizyonun eşzamanlı gelişimini gerektirmektedir. Dijitalleşme artık havacılık sektöründe bir seçenek değil, kurumsal sürdürülebilirliğin ve rekabetçi varlığın ön koşulu haline gelmiştir.

Bu doğrultuda, araştırma bulgularından hareketle hem kurumsal hem sektörel düzeyde çeşitli öneriler geliştirilmiştir:

DHMI gibi kamu kurumlarında merkezi kontrol yapısı korunurken, yenilikçi fikirlerin test edilmesine olanak tanıyan esnek pilot alanlar kurulmalıdır. Çalışanların dijital okuryazarlığını güçlendiren sürekli eğitim ve sertifika programları uygulanmalıdır. İGA Akademi örneğinde olduğu gibi kurumsal öğrenme merkezleri yaygınlaştırılmalı; bu sayede dijital dönüşüm, sürdürülebilir bir kurumsal öğrenme kültürüne dönüştürülmelidir.

Operasyonel düzeyde, yapay zekâ, robotik süreç otomasyonu ve veri analitiği tabanlı sistemler ölçeklenebilir hale getirilmeli; siber güvenlik, veri gizliliği ve etik kullanım ilkeleri tüm kurumlarda öncelikli politika olarak benimsenmelidir. Bu çerçevede, akademik araştırmaların da sektörel politika yapımına katkı sunacak biçimde genişletilmesi gerekmektedir.

Büyük verinin karar alma mekanizmalarına entegre edilmesi hem stratejik esneklik hem operasyonel öngörü gücünü artırmada fayda sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, sürdürülebilirlik yönünden, karbon nötr hedefleriyle uyumlu dijital çözümler önceliklendirilmelidir. IoT tabanlı enerji izleme sistemleri, yapay zekâ destekli çevresel optimizasyon uygulamaları ve dijital atık yönetimi sistemleri sektörde yaygınlaştırılmalıdır.

Bu çalışmanın nitel yöntem temelli yapısı dijitalleşme süreçlerinin derinlemesine anlaşılmasına katkı sunmakla birlikte, gelecekte yapılacak araştırmalarda nicel ve karma yöntemlerle desteklenmesi önerilmektedir. Dijitalleşme düzeyi ile operasyonel performans, müşteri memnuniyeti ve mali göstergeler arasındaki ilişkilerin ölçülmesi; bulguların genellenebilirliğini artıracaktır. Öte yandan çalışmanın başında sınırlılıklarda da belirtildiği gibi farklı havacılık işletmelerine ulaşarak örneğin yer hizmetleri işletmeleri, düşük maliyetli havayolları veya ikincil havalimanları gibi kapsam daha da büyütülerek daha geniş bir analiz yapılabilir. Ayrıca farklı ülke örnekleriyle çalışmaların yürütülmesi, Türkiye’deki dijital havacılık ekosisteminin güçlü yönlerini ve geliştirilmesi gereken alanlarını daha net ortaya koyabilecektir.



KAYNAKÇA

- Adamik, A. and Nowicki, M. (2018). Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0. *In Proceedings of the International Conference on Business Excellence* (Vol. 12, No. 1, 10-24). Warszawa, Poland: Sciendo.
- Aerotime. (n.d.). IGA Istanbul airport technology innovation. Retrieved from <https://www.aerotime.aero/articles/iga-istanbul-airport-technology-innovation>
- Akande, A., Cabral, P. and Casteleyn, S. (2019). Assessing the gap between technology and the environmental sustainability of European cities. *Information systems frontiers*, 21(3), 581-604.
- Alshenqeeti, H. (2014). Interviewing as a data collection method: A critical review. *English linguistics research*, 3(1), 39-45.
- Altuntaş, E. Y. (2018). Dijital dönüşüm uygulamalarının kurumların marka değeri üzerindeki etkisi. *Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Medya ve İletişim Araştırmaları Hakemli E-Dergisi*, (2), 1-18.
- Altuntaş, M. ve Kılıç, E. (2021). Havayolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 187-202.
- Arslan, Z. ve Atay, Ö. (2025). Türkiye’de ulaştırma sektöründe kamu işletmelerinde yapay zekâ uygulamaları. *Kastamonu İnsan ve Toplum Dergisi (KİTOD)*, 3(5), 1–16.
- Artar, O. ve Türkay, U. İ. (2021). Havacılık sektöründe havalimanlarının dijital dönüşümü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Working Paper Series*, 2(1), 86-97.
- Ashford, S. J. (1988). Individual strategies for coping with stress during organizational transitions. *Journal of Applied Behavioral Science*, 24(1), 19–36.
- Augustine, P. (2020). The industry use cases for the digital twin idea. *In Advances in computers* (Vol. 117, No. 79-105). Elsevier.
- Bahadır, S. and Şahin, Y. (2023). Analysis of financial success situations of aviation sector businesses before and after Covid-19. *Journal of Science and Innovative Technologies*, 26, 70-90.
- Baird, A. and Raghu, T. S. (2015). Associating consumer perceived value with business models for digital services. *European Journal of Information Systems*, 24(1), 4-22.
- Baloğlu, Ö. Ö. (2023). Teknolojik bir dönüşüm olarak dijitalleşme kavramı ve etkileri. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 13(2), 1189-1210.
- Barutçu, S. B. ve Çolakoğlu, Ü. (2024). Havayolu taşımacılığında sürdürülebilirlik analizi: Türkiye. *Journal of Travel and Tourism Research*, 24 (24), 106-124.
- Bay, M. (2016). What is cybersecurity. *French Journal for Media Research*, 6(2), 1-28.
- Belobaba, P., Odoni, A. and Barnhart, C., (2015). The global airline industry. JohnWiley and Sons.
- Bolayırılı, Y. (2000). Kayseri 3. havacılık sempozyumu kitapçığı, Kayseri, Erciyes

Üniversitesi.

- Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Brennen, J. S. and Kreiss, D. (2016). Digitalization. In *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, (1–11). Wiley-Blackwell.
- Busetto, L., Wick, W. and Gumbinger, C. (2020). How to use and assess qualitative research methods. *Neurological Research and practice*, 2(1), 14.
- Cankurtaran, D. (2021). *Havayolu şirketlerinin kullandığı dijital teknolojilerin müşteri deneyimi üzerindeki etkisi*. Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi. Bahçeşehir Üniversitesi Tez Arşivi.
- Chen, M., Mao, S. and Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209.
- Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., Watson, S. (2018). Internet of Things security and forensics: Challenges and opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 78, 544–546.
- Coşgun, H. A. L. İ. S. ve Kurubacak, G. (2022). Havacılık ekosistemine yapay zekâ dokunuşu.
- Craigien, D., Diakun-Thibault, N. and Purse, R. (2014). Defining cybersecurity. *Technology innovation management review*, 4(10).
- Creswell, J. W. and Creswell, J. D. (2021). Araştırma tasarımı. *Nobel Yayıncılık*.
- Çıkmaz, G., Baltacı, F. ve Kanuşağı, İ. (2024). Havacılıkta dijital hizmet sunumunun turistik deneyim üzerindeki etkisinde teknolojik hazıroluşluğun düzenleyici rolü. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 19(73), 1-22.
- daa Labs and Turkish Airlines. (2025, June 10). DAA and Turkish Airlines on AI, innovation and digital transformation excellence. Future Travel Experience.
- Davenport, T. H. and Ronanki, R. (2023). Artificial intelligence for the real world: AI in human resources.
- Davutoğlu, N., Akgül, B. ve Yıldız, E. (2017). İşletme yönetiminde sanayi 4.0 kavramı ile farkındalık oluşturarak etkin bir şekilde değişimi sağlamak. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (52).
- Dey, S. and Shukla, D., (2020). Analytical study on use of AI techniques in tourism sector for smarter customer experience management. In *2020 International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA)* (1- 5). IEEE.
- DHMI (2024a). Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2024–2028 Stratejik Planı. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://www.dhmi.gov.tr>
- DHMI (2024b). Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2024 Faaliyet Raporu. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://www.dhmi.gov.tr>
- DHMI (n.d.). Hakkımızda. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Hakkimizda.aspx>
- Dou, X. (2020). Big data and smart aviation information management system. *Cogent Business and Management*, 7(1), 1766736.

- Dursun, E. (2021). Sivil havacılık sektöründe büyük veri teknolojisinin kullanımı ve getireceği yeni fırsatlar. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(43), 7183-7219.
- Geske, A. M., Herold, D. M. and Kummer, S. (2025). Using sustainable technology to drive efficiency: Artificial intelligence as an information broker for advancing airline operations management. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 4, 100111.
- Ghazal, M., Ali, S., Haneefa, F. and Sweleh, A. (2016, March). Towards smart wearable real-time airport luggage tracking. In *2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS)*. (1-6). IEEE.
- Glaessgen, E. and Stargel, D. (2012). The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA* (1818).
- Glesne, C. (2016). Becoming qualitative researchers: An introduction. Pearson. One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Gong, C. and Ribiere, V. (2021). Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*, 102, 102217.
- Göçmen, F. D. (2024). Havalimanlarında inovasyon uygulamalarının karşılaştırılması. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 7(2), 128–145.
- Gönen, S. ve Rasgen, M. (2019). Endüstri 4.0 ve muhasebenin dijital dönüşümü. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2898-2917.
- Graham, A. and Dennis, N. (2007). Airport traffic and financial performance: a UK and Ireland case study. *Journal of Transport Geography*, 15(3), 161-171.
- Gurbaxani, V. and Dunkle, D. (2019). Gearing up for successful digital transformation. *MIS Q. Executive*, 18(3), 6.
- Güner, S. ve Gülay, İ. (2018). Havalimanı işletmeciliği ve Türkiye’de havalimanlarının mülkiyet yapısı. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(29), 1327–1348.
- Gürsel, S., Demir, R. and Rodoplu, H. (2023). The effect of digitalisation on sustainability and smart airport. *International Journal of Sustainable Aviation*, 9(1), 26-40.
- Haffke, I., Kalgovas, B. J. and Benlian, A. (2016). The Role of the CIO and the CDO in an Organization’s Digital Transformation.
- Hájnik, A., Harantová, V. and Kalašová, A. (2021). Use of electromobility and autonomous vehicles at airports in Europe and worldwide. *Transportation Research Procedia*, 55, 71-78.
- Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012). Data mining: Concepts an. Techniques. Waltham: Morgan Kaufmann Publishers.
- Huderek-Glapska, S. (2023). Challenges for the sustainable development of air transport in Central and Eastern European countries. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 8(2), 209-218.
- IGA (2024a, Temmuz 4). İGA İstanbul Havalimanı Avrupa’nın En İyi Havalimanı

- seçildi. <https://www.igairport.aero/medya-merkezi/basin-bultenleri/iga-istanbul-havalimani-avrupa-nin-en-iyi-havalimani-secildi/>
- IGA (2024c, Temmuz 3). İGA İstanbul Havalimanı müşteri deneyiminde zirvede. <https://www.igairport.aero/medya-merkezi/basin-bultenleri/iga-istanbul-havalimani-musteri-deneyimi-nde-zirvede/>
- IGA (2024e). Faaliyet Raporu 2024. İstanbul Grand Airport A.Ş.
- IGA (t.y.). Kariyer. <https://www.igairport.aero/kariyer/>
- IGA (2024b, Ocak 12). İGA İstanbul Havalimanı hakkında. <https://www.istairport.com/kurumsal/hakkimizda/>
- IGA (2024d, Mart 18). Hızlı pasaport geçiş sistemi. <https://www.istairport.com/hizmetler/kesfet/havalimani-olanaklari/hizli-pasaport-gecis/>
- Işıl, H. B. (2021). Havayolu endüstrisinde dijital pazarlama uygulamalarının değerlendirilmesi. *Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, 1(2), 42-63.
- Kagalwalla, N. and Churi, P. P. (2019). Cybersecurity in aviation: An intrinsic review. In *2019 5th international conference on computing, communication, control and automation (ICCUBE)*. (1-6). IEEE.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review*.
- Kashyap, R. (2019). Artificial intelligence systems in aviation. In *Cases on modern computer systems in aviation*, (1-26). IGI Global.
- Khalil, E. A. ve Özdemir, S. (2018). Nesnelerin internetine genel bir bakış: Kavram, özellikler, zorluklar ve fırsatlar. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2), 311-326.
- Kıyıklık, A., Kuşakcı, A. O. and Mbowe, B. (2022). A digital transformation maturity model for the airline industry with a self-assessment tool. *Decision Analytics Journal*, 3, 100055.
- Korul, V. ve Küçükönel, H. (2003). Türk sivil havacılık sisteminin yapısal analizi. *Ege Academic Review*, 3(1), 24-38.
- Koscheyev, V., Rapgof, V. and Vinogradova, V. (2019). Digital transformation of construction organizations. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 497, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Kováčiková, K., Remencová, T., Sedláčková, A. N., Novák, A. (2022). The impact of Covid-19 on the digital transformation of the airports. *Transportation Research Procedia*, 64, 84–89.
- Kovynyov, I. and Mikut, R. (2019). Digital technologies in airport ground operations. *NETNOMICS: economic research and electronic networking*, 20(1), 1-30.
- Kurnaz, S. and Rodrigues, A. (2022). The perspectives of the air transport market in Turkey during covid-19 pandemic. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 44(2), 235-243.
- La, J., Bil, C., Heiets, I., Ciesielski, V., Lau, K. A., Tang, X., Tang, R. (2021). Digital

- transformation in air travel at pre-flight stage. In *AIAC 2021: 19th Australian International Aerospace Congress: 19th Australian International Aerospace Congress*, 20-34. Engineers Australia.
- Lebedev, V. G. and Kulida, E. L. (2021). Advanced technologies for supporting operational decision-making in civil aviation. *Advances in Systems Science and Applications*, 21(3), 12-21.
- Liamputtong, P. (2019). Qualitative inquiry. In *Handbook of research methods in health social sciences*, 9-25. Springer, Singapore.
- Lim, K. Y. H., Zheng, P. and Chen, C. H. (2020). A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of intelligent manufacturing*, 31(6), 1313-1337.
- Longhurst, R. and Johnston, L. (2023). 10 Semi-Structured Interviews and Focus Groups. *Key methods in geography*, 168.
- Macit, A. (2025). Yapay zekâ ile havaalanı rekabet stratejilerinin geliştirilmesi: Doğru prompt etkili bir strateji sağlar mı? *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 207–222.
- Mell, P. and Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing.
- Meuter, M. L., Ostrom, A. L., Bitner, M. J., Roundtree, R. (2003). The influence of technology anxiety on consumer use and experiences with self-service technologies. *Journal of business research*, 56(11), 899-906.
- Meydan, C. H. (2023). Havayolu işletmelerinde dijital dönüşüm uygulamaları üzerine bir inceleme. *Journal of Aviation Research*, 5(1), 65–82.
- Mızrak, S. K. K. C. (2024). Industry 4.0 and its importance in civil aviation/endüstri 4.0 ve sivil havacılıktaki önemi. *International Journal of Disciplines in Economics and Administrative Sciences Studies*, 7(35), 849-856.
- Miltiadou, D., Pitsios, S., Spyropoulos, D., Alexandrou, D., Lampathaki, F., Messina, D., Perakis, K. (2020). A big data intelligence marketplace and secure analytics experimentation platform for the aviation industry. In *International Conference on Big Data Technologies and Applications*, 48-62. Cham: Springer International Publishing.
- Mitroulis, D., Kitsios, F. and Kitsios, F. (2019). Digital transformation strategy: A literature review. In *Proceedings of the 6th National Student Conference of HELORS, Xanthi, Greece*, 59-61.
- Mohamed, M., Gomaa, H. and El-Sherif, N. (2018). Exploring the potentiality of applying smart airport technologies in Egyptian international airports. *International Journal of Heritage, Tourism and Hospitality*, 12(2), 122-129.
- Molchanova, K. (2021). A review of digital technologies in aviation industry. *Logistics in Aviation: A Monograph*. 7, 69–77. National Aviation University, Kiev, Ukraine.
- Nobles, C., Burrell, D. and Waller, T. (2022). The need for a global aviation cybersecurity defense policy. *Land Forces Academy Review*, 27(1), 19-26.
- Önen, V. (2016). Geleneksel havayolları ile düşük maliyetli taşıyıcılar arasındaki stratejik yönetim ve pazarlama karması farklılıklarının içerik analizi, THY-Pegasus karşılaştırması. *International Journal of Academic Values Studies*, 7, 63-94.

- Paprocki, W. (2021). Virtual airport hub—A new business model to reduce GHG emissions in continental air transport. *Sustainability*, 13(9), 5076.
- Patel, K. K., Patel, S. M. and Scholar, P. (2016). Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application and future challenges. *International journal of engineering science and computing*, 6(5).
- Petrescu, R. V., Aversa, R., Akash, B., Bucinell, R., Apicella, A., Petrescu, F. I. (2017). History of aviation-a short review. *Journal of Aircraft and Spacecraft Technology*, 1(1).
- Poulaki, I. and Katsoni, V. (2020). Current trends in air services distribution channel strategy: evolution through digital transformation. In *Cultural and Tourism Innovation in the Digital Era: Sixth International IACuDiT Conference, Athens 2019*, 257-267. Cham: Springer International Publishing.
- Poushneh, A. and Vasquez-Parraga, A. Z. (2018). The role of customer readiness and participation in nontechnology-based service delivery. *Journal of Consumer Marketing*, 35(6), 588-600.
- Rubin, H. J. and Rubin, I. S. (2011). Qualitative interviewing: The art of hearing data.
- Sandelowski, M. (1997). "To be of use": Enhancing the utility of qualitative research. *Nursing Outlook*, 45(3), 125–132.
- Savić, D. (2020). From Digitization and Digitalization to Digital Transformation: A Case for Grey Literature Management. *Grey Journal (TGJ)*, 16(1).
- Schwertner, K. (2017). Digital transformation of business. *Trakia Journal of Sciences*, 15(1), 388-393.
- Shehieb, W., Al Sayed, H., Akil, M. M., Turkman, M., Sarraj, M. A., Mir, M. (2016). A smart system to minimize mishandled luggage at airports. In *2016 International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC)*, 154-158. IEEE..
- Subaşı, M. ve Okumuş, K. (2017). Bir araştırma yöntemi olarak durum çalışması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 419-426.
- Şahin, İ. E. (2019). Türkiye'deki havalimanlarının veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği endeksleri ile finansal etkinliklerinin analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 42, 33–47.
- Şahin, Y. (2024). Havacılık ve yapay zeka alanındaki çalışmaların bibliyometrik analizi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(110), 1637-1648.
- Tabrizi, B., Lam, E., Girard, K., Irvin, V. (2019). Digital transformation is not about technology. *Harvard business review*, 13, 1-6.
- Tan, J. H. and Masood, T. (2021). Adoption of Industry 4.0 technologies in airports-A systematic literature review.
- Thums, J., Künzels, L., Klumpp, M., Bardmann, M. M., Ruiner, C. (2023). Future air transportation and digital work at airports – Review and developments. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19, 100808.

- Tidjon, L. N. and Khomh, F. (2022). The different faces of AI ethics across the world: a principle-to-practice gap analysis. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(4), 820-839.
- Tisdell, E. J., Merriam, S. B. and Stuckey-Peyrot, H. L. (2025). Qualitative research: A guide to design and implementation. John Wiley and Sons.
- Trotta, D. and Garengo, P. (2018). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. In *2018 7th international conference on industrial technology and management (ICITM)*, 113-117. IEEE.
- Turgut, M. (2025). Transportation and digitalization: Determining the digital maturity levels of businesses providing international transportation services. *Journal of Transportation and Logistics*, 10(1), 109–130.
- Turkish Technology. (n.d.). We develop digital aviation solutions shaped by 30+ years of industry experience. Retrieved from <https://turkishtechnology.com/en>
- Türk Hava Yolları. (t.y.). Hikayemiz. Türk Hava Yolları. <https://www.turkishairlines.com/tr-tr/basin-odasi/hakkimizda/hikayemiz/>
- Vaquero, L. M., Roderio-Merino, L., Caceres, J., Lindner, M. (2008). A break in the clouds: towards a cloud definition. *ACM sigcomm computer communication review*, 39(1), 50-55.
- Vogelsang, M. (2010). Digitalization in open economies: Theory and policy implications. Springer Science and Business Media.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer networks*, 101, 158-168.
- Wengraf, T. (2001). Qualitative research interviewing: Biographic narrative and semi-structured methods.
- Yalçinkaya, A. (2019). Türk havayolu taşımacılığı sektörünün tarihsel gelişimi ve devlet müdahaleleri (1933–2006). *Cumhuriyet Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 15(29), 405–442.
- Yaşar, M. and Gerede, E. (2023). Periodic analysis of the competitive dynamics of Turkish civil aviation in the 100th anniversary of the Turkish Republic. *Akademik Hassasiyetler*, 10(23), 496-522.
- Yavaş, V. (2022). Havacılıkta dijitalleşme ve verimlilik ilişkisi üzerine bir içerik analizi. *Verimlilik Dergisi*, 225-237.
- Yıldırım, A. ve Simsek, H. (1999). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (11. Baskı: 1999-2018).
- Yıldırım, B. (2020). İşletmelerde dijital dönüşüm süreci: Nitel bir araştırma. *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 3(2), 204-223.
- Yin, R. K. (2014). Case study research: Design and methods (Vol. 5).
- Yurtoğlu, N. (2016). Sivil havacılık sektörü içerisinde yer alan Türk Hava Yollarının tarihi gelişimi (1933-1960). *Cumhuriyet Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 12(23), 303-336.

- Zaharia, S. E. and Pietreanu, C. V. (2018). Challenges in airport digital transformation. *Transportation research procedia*, 35, 90-99.
- Zhou, K., Liu, T. and Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *In 2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*, 2147-2152. IEEE.



EKLER

EK-1. Görüşme Soruları

1. İşletmenizde dijital dönüşüm sürecine özel bir birim ya da ekip bulunmakta mı? Varsa bu birimin organizasyon yapısındaki konumu nedir?
2. İşletmenizde dijitalleşme süreci ne zaman ve nasıl başladı? İlham kaynaklarınız ve referanslarınız nelerdi?
3. Dijital dönüşüm kararları kurum içinde nasıl alınmaktadır? Bu süreçte kimler yer alır?
4. Kurumda dijital dönüşüm kararları alırken zorlanılan hususlar nelerdir?
5. Kurumsal kültür açısından dijitalleşme işletmenizde ne gibi olumlu ya da olumsuz etkiler yarattı?
6. Dijitalleşme çalışanların iş tanımlarında ve işletmenin istihdam politikalarında bir değişiklik yarattı mı? Yarattıysa bu değişiklikler nelerdir?
7. Dijital dönüşüm sürecinde kurumda ortaya çıkan yeni pozisyonlar ya da yetkinlik ihtiyaçları oldu mu? Olduysa bunlar nelerdir?
8. Dijitalleşme projeleri için yıllık bütçenizin ne kadarlık kısmı ayrılıyor? Bu yatırımların planlaması nasıl yapılıyor?
9. Dijital dönüşüm sürecinde karşılaştığınız mali zorluklar ve dijitalleşmenin sunduğu maliyet avantajları neler oldu?
10. Yatırımların geri dönüş süresi (ROI) ne kadar sürüyor ve bu geri dönüşler nasıl ölçülüyor?
11. Yapay zekâ, dijital ikiz, nesnelerin interneti, büyük veri gibi teknolojilerin işletme maliyetlerinize olan etkileri nelerdir?
12. Dijitalleşme sabit ve değişken maliyet yapılarınızı nasıl etkiledi?
13. Operasyonlarınızda şu an dijital uygulamalar kullanılıyor mu? Hangi dijital teknolojiler aktif olarak kullanılmaktadır?
14. Bu teknolojilerin operasyonel verimlilik, zaman yönetimi ve hata oranları üzerinde ne gibi etkileri oldu?
15. Dijital çözümler arasında en yüksek etki/maliyet verimliliği hangi alanda elde edildi?
16. İşletmenizde dijitalleşme ile birlikte daha önce manuel olarak yürütülen süreçlerden hangileri dönüşüme uğradı? Uyum süreci beklentileri karşıladı mı?
17. İşletmeniz gelecekte operasyonel alanda hangi dijital dönüşüm uygulamalarını kullanmayı planlıyor?

18. İşletmenizde dijital dönüşümlerin müşteri memnuniyeti veya sadakati üzerinde etkisi nasıl oldu? Gözlemlenen gelişmeler nelerdir? Müşteriler dijital uygulamalara adapte olabildi mi?

19. Havacılık sektöründe yeşil havacılık konusunda dijital inovasyon projeleriniz var mı? Varsa bunlar nelerdir? Bu konuda dijitalleşme size bir katkı sağladı mı? Sağladıysa nasıl bir katkı sağladı?

20. Dijital dönüşüm rekabet gücünüzü nasıl etkiledi? İşletmenizi sektörde farklılaştıran yönleriniz neler oldu? Havacılıkta dijitalleşme trendlerine bakıldığında şirketiniz bu trendlerin neresindedir?

21. Küresel ölçekte gelecek yıllar için öne çıkmayı planladığınız dijital dönüşüm projeleriniz var mı? Varsa dijitalleşme odaklı stratejik hedefleriniz nelerdir? Hedeflerinize örnek verebilir misiniz?

22. İşletmenizin dijitalleşme süreci ile ilgili bir örnek olay (case) anlatabilir misiniz? En çok zorlandığınız olay ne oldu? En çok zorlanacağınızı düşünüp kolaylıkla halledilen bir durumla karşılaştınız mı?

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Melike PEYNİRCİER

Yabancı Dil: İngilizce

ORCID Numarası: 0009-0006-3569-3128

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2021, Ulaştırma hizmetleri Sivil Havacılık Alanı Meslek Öğretmeni, Özel Yesevi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (Kokpit Okulları), Eskişehir
- 2020, İskenderun Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Peynircier, M. and Sarılgan, A. E. (2023). Impact of COVID-19 on Air Cargo Transportation in Turkey. *In International Symposium On Sustainable Aviation* (99-105). Cham: Springer Nature Switzerland.