



**AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİNİN PAT SAHASI EMNİYETİNE ETKİSİ:
İSTANBUL HAVALİMANI İLE ATATÜRK HAVALİMANI'NIN
KARşILAşTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Ezgi FİLAZOĞLU

Eskişehir 2022

**AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİNİN PAT SAHASI EMNİYETİNE ETKİSİ:
İSTANBUL HAVALİMANI İLE ATATÜRK HAVALİMANI'NIN
KARşILAşTIRILMASI**

Ezgi FİLAZOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Havacılık Yönetimi Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Savaş S. ATEş

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2022

01/07/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Ezgi FİLAZOğLU, AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİNİN PAT SAHASI EMNİYETİNE ETKİSİ: İSTANBUL HAVALİMANI İLE ATATÜRK HAVALİMANI'NIN KARşILAşTIRILMASI başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Doç. Dr. Savaş S. ATEş

ÖZET

AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN PAT SAHASI EMNİYETİNE ETKİSİ: İSTANBUL HAVALİMANI İLE ATATÜRK HAVALİMANI'NIN KARŞILAŞTIRILMASI

Ezgi FİLAZOĞLU

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Havacılık Yönetimi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2022

Danışman: Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ

2000’li yıllarda daha büyük bir hızla gelişen akıllı ulaşım araçları hayatın birçok alanında kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yıkıcı ve yenilikçi teknolojilerin ortaya çıkması, akıllı ulaşım sistemlerinin çevredeki daha çok unsurla iletişime girmesini sağlamıştır. Akıllı ulaşım sistemlerinin kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlamasının yanı sıra emniyeti, güvenliği ve verimliliği büyük oranda arttırdığı yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. Teknolojinin yoğun biçimde kullanıldığı havacılık sektöründe AUS’un farklı şekillerde kullanıldığı görülmektedir. Terminal, pist, apron, taksi yolları, kargo operasyonları, havalimanına ulaşım sistemleri, hava trafik yönetimi gibi alanlarda akıllı sistemlerin etkileri görülmektedir. Havalimanları operasyonlarında emniyetin sağlanması çok önemlidir. Aksi takdirde, ciddi kaza ve emniyetsiz olaylar yaşanabilir. Emniyeti en çok tehdit eden unsur olan insan faktörü, AUS yardımıyla azaltılabilir ve durumsal farkındalık artırılabilir.

Bu çalışmada akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahası emniyetine etkileri araştırılmıştır. İstanbul Havalimanı’nda kullanılan AUS ve bu sistemlerin emniyete etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Veri üçgenlemesi yöntemiyle veriler toplanmıştır. Elde edilen veriler MaxQDA 2020 programında analiz edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Akıllı ulaşım sistemleri, PAT sahaları, PAT sahası emniyeti, İstanbul Havalimanı, Atatürk Havalimanı

ABSTRACT

THE EFFECT OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS ON MOVEMENT AREA SAFETY: A COMPARISON OF ISTANBUL AIRPORT AND ATATURK AIRPORT

Ezgi FİLAZOĞLU

Department of Aviation Management

Programme in Aviation Management

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Savaş S. ATEŞ

Intelligent transportation systems, which developed at a greater pace in the 2000s, have begun to be used in many areas of life. Especially the emergence of destructive and innovative technologies has enabled intelligent transportation systems to communicate with more elements in the environment. Research has shown that intelligent transportation systems not only provide ease of use to the user, but also greatly increase safety, security and efficiency. It is seen that ITS is used in different ways in the aviation sector, where technology is used extensively. The effects of intelligent systems are seen in areas such as terminal, runway, apron, taxiways, cargo operations, airport transportation systems, air traffic management. Ensuring safety in airport operations is very important. Otherwise, serious accidents and unsafe events may occur. The human factor, which is the most threatening factor to safety, can be reduced with the help of ITS and situational awareness can be increased.

In this study, the effects of intelligent transportation systems on movement area safety were investigated. It is aimed to determine the ITS used at Istanbul Airport and the safety effects of these systems. A comparison was made between Istanbul Airport and Atatürk Airport. Data were collected using the data triangulation method. The obtained data were analyzed in the MaxQDA 2020 program.

Keywords: Intelligent transportation systems, Movement area, Movement area safety, Istanbul Airport, Ataturk Airport

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezimi hazırlarken bana sonsuz destek veren, tüm bilgi birikimini cömert bir şekilde benimle paylaşan ve bana olan inancını kaybetmeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ'e teşekkürü bir borç bilirim. Tez hazırlama sürecimde değerli tecrübeleriyle bana yol gösteren Prof. Dr. Korhan OYMAN'a çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve cesaretlendiren aileme ve varlığıyla bana güç ve mutluluk veren müstakbel eşim Kürşad'a teşekkürlerimi sunarım.



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 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.

Ezgi FİLAZOĞLU

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ULAŞIM SİSTEMLERİNDE DİJİTALLEŞME SÜRECİ.....	3
2.1. Ulaşım Sistemlerinin Endüstriyel Devrimlerdeki Rolü	3
2.1.1. Ulaşım sistemlerinin endüstri 1.0'daki rolü.....	4
2.1.2. Ulaşım sistemlerinin endüstri 2.0'daki rolü.....	5
2.1.3. Ulaşım sistemlerinin endüstri 3.0'daki rolü.....	7
2.1.4. Ulaşım sistemlerinin endüstri 4.0'daki rolü.....	8
3. DİJİTAL ÇAĞ VE AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ	10
3.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri Kavramı.....	10
3.1.1. Akıllı ulaşım sistemlerinin tanımı	10
3.1.2. Akıllı ulaşım sistemlerinin tarihçesi	12
3.1.3. Türkiye'de akıllı ulaşım sistemlerinin gelişimi.....	15
3.1.4. Akıllı ulaşım sistemlerinin faydaları.....	21
3.1.5. Akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması	23
3.2. Yıkıcı ve Yenilikçi Teknolojilerin Akıllı Ulaşım Sistemlerine Etkisi	26
3.2.1. Otonom araçlar teknolojileri.....	26
3.2.2. Sarmal arayüzler	28
3.2.3. Nesnelerin interneti- IoT.....	28

3.2.4. 5.nesil mobil ağlar- 5G	31
3.2.5. Bulut teknolojisi.....	31
3.2.6. Büyük veri.....	33
3.2.7. Açık veri	33
3.2.8. Blok zincir (Blokchain)	34
3.2.9. Yapay zeka, makine öğrenmesi ve derin öğrenme	34
3.2.10.Drone	35
3.2.11. Dijital ikiz.....	35
3.2.12. Dijital Olgunluk.....	36
3.3. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Emniyet İlişkisi	39
4. HAVALİMANLARINDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ.....	43
4.1. Hava Trafik Sahasında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı	46
4.1.1. Avrupa için birleşik hava trafik yönetimi (SESAR)	47
4.1.2. Havada ayırıştırma sağlama sistemi (Airborne Seperation Assurance System-ASAS)	50
4.1.3. Yerden ve havadan gözetleme uygulamaları (Ground and Airborne Surveillance, GS-AS)	50
4.1.4.Otomatik bağımlı gözetim – yayın (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast, ADS-B)	51
4.2.Havalimanı Kara Tarafında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı.....	52
4.2.1. Havalimanına erişim yollarında akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı.....	53
4.2.2. Yolcu terminalinde akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı.....	57
4.2.3.Kargo terminalinde akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı.....	58
4.3. Havalimanı Hava Tarafında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı.....	59
4.3.1. Pist ve taksi yollarında akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı.....	60
4.3.2. Apronda akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı	61
5. HAVACILIKTA EMNİYET	64
5.1. Havacılıkta Emniyet, Tehlike ve Risk İlişkisi.....	64
5.2. Emniyet Yönetim Sistemi.....	65
5.2.1.SHELL modeli	70

5.2.2. Reason’ın İsviçre Peyniri modeli	72
5.2.3.İnsan faktörleri analizi ve sınıflandırma sistemi (HFACS).....	75
5. 3. PAT Sahası Emniyeti	84
5.3.1. Pist emniyeti.....	84
5.3.2. Taksi Yolu Emniyeti.....	88
5.3.3. Apron emniyeti	89
6. YÖNTEM	91
6.1. Araştırmanın Amacı	91
6.2.Araştırma Deseni ve Modeli.....	92
6.3. Araştırma Alanı ve Katılımcılar	95
6.4.Verİ Toplama Yöntemi	98
6.5.İnandırıcılık	100
6.6. Etik	102
6.7.Verilerin Analizi ve Yorumlanması.....	103
7. BULGULAR VE YORUM.....	105
7.1. İstanbul Havalimanı’nın PAT Sahasında Kullanılan Akıllı Ulaşım Sistemleri.....	105
7.1.1. Mobil ve sabit hız radarları.....	106
7.1.2. CCTV kameraları.....	107
7.1.3. A-SMGCS (Gelişmiş Yer Hareketleri Rehberlik ve Kontrol Sistemi)	108
7.1.4. Gelişmiş süpürme araçları.....	110
7.1.5. A-VDGS (Advanced Visual Docking Guidance Systems).....	110
7.1.6. Gelişmiş karla mücadele araçları	111
7.1.7. Gelişmiş buzlanmayla mücadele araçları.....	113
7.1.8. Bulut sistemleri.....	113
7.1.9. Araç yaklaşma sensörleri.....	114
7.1.10. Dış araç kameraları.....	115
7.1.11. FOD-BOSS	115
7.1.12. Gelişmiş lastik izi silme araçları.....	116
7.1.13. Gelişmiş ARFF araçları	117

7.2. İstanbul Havalimanı'nın PAT Sahasında Emniyeti Sağlamaya Yardımcı Olan Diğer Sistemler.....	118
7.2.1. Elektrikli araçlar	119
7.2.2. CAT 3 yaklaşma sistemi.....	120
7.2.3. SafeIST yazılımı.....	121
7.3. İstanbul Havalimanı'nda Devreye Girmesi Planlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri.....	122
7.3.1. A-FOD radarı	122
7.3.2. “Follow the Greens” sistemi	124
7.3.3. İç araç kameraları	125
7.3.4. Pist durum ışıkları (Runway status lights).....	125
7.3.5. Kuş Radarı	126
7.4. Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı Karşılaştırılması	126
7.4.1. Atatürk Havalimanı	126
7.4.2. İstanbul Havalimanı.....	128
7.4.3. İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı karşılaştırılması	129
7.5. PAT Sahası Emniyetini Tehdit Eden Faktörler	137
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	141
KAYNAKÇA.....	146
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Araç içi akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması.....	24
Tablo 3.2. Altyapı temelli akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması.....	25
Tablo 3.3. Kooperatif akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması	25
Tablo 3.4. İnsan hatası türlerine göre akıllı ulaşım sistemi önerileri	40
Tablo 4.1. ASAS'ın yerden ve havadan gözetleme uygulamaları	51
Tablo 6.1. Durum çalışması desenlerinin temel türleri	94
Tablo 6.2. Katılımcıların mesleki pozisyonları ve deneyimleri	97
Tablo 6.3. Görüşmeler hakkında bazı bilgiler.....	99
Tablo 7.1. Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı arasındaki farkların kaç belgede geçtiğini gösteren tablo	130
Tablo 7.2. Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı arasındaki farklardan toplam kaç defa bahsedildiğini gösteren tablo.....	130

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. AUS'un işlevleri.....	11
Şekil 5.1. SMS süreci	69
Şekil 5.2. SHELL modeli	71
Şekil 5.3. İsviçre Peyniri Modeli	74
Şekil 5.4. 2016-2020 yılları arasında kazalara sebep olan insan faktörleri	76
Şekil 5.5. HFACS Modeli.....	77
Şekil 5.6. Emniyetsiz eylemlerin sınıflandırılması.....	77
Şekil 5.7. Emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullar	80
Şekil 5.8. Emniyetsiz idare	81
Şekil 5.9. Örgütsel etkiler	82
Şekil 5.10. Kaynak yönetimi ve emniyet ikilemi	83
Şekil 6.1. Araştırma sürecinde izlenen adımlar	92
Şekil 6.2. 2019 yılı yolcu sayısı istatistikleri.....	95
Şekil 6.3. Örneklem özellikleri.....	96
Şekil 7.1. İstanbul Havalimanı'nın PAT sahasında kullanılan AUS.....	105
Şekil 7. 2. İstanbul Havalimanı'nın PAT Sahasında emniyeti sağlamaya yardımcı diğer sistemler.....	119
Şekil 7.3. İstanbul Havalimanı'nda devreye girmesi planlanan akıllı ulaşım sistemleri.....	122
Şekil 7.4. PAT Sahası Emniyetini Tehdit Eden Faktörler	138
Şekil 8.1. İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı arasındaki farklar	143
Şekil 8.2. HELSS modeli	145

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 4.1. Apronda kullanılan bir otonom araç.....	62
Görsel 4.2. Winnipeg Richardson Uluslararası Havalimanı'nda kullanılan otonom kar küreme aracı.....	63
Görsel 6.1. Fotoğraf ve video çekimi için apron giriş kartı	103
Görsel 7.1. EDS uyarısı ve hız levhası.....	107
Görsel 7.2. Kontrol merkezlerindeki A-SMGCS ekranı	109
Görsel 7.3. Araç içinde bulunan A-SMGCS ekranı	109
Görsel 7.4. Bir A-VDGS ekranı	111
Görsel 7.5. RS400 kar küreme aracı	112
Görsel 7.6. TV 1000 karla mücadele aracı.....	112
Görsel 7.7. PAT sahalarında kullanılan buzlanmayla mücadele aracı.....	113
Görsel 7.8. Aracın bulut sistemiyle takip edildiğini gösteren bir uyarı	114
Görsel 7.9. FOD-BOSS aracı	116
Görsel 7.10. İstanbul Havalimanı'nda kullanılan bir skiddometre aracı	116
Görsel 7.11. Pist üzerindeki lastik izleri	117
Görsel 7.12. İstanbul Havalimanı ARFF araçları.....	118
Görsel 7.13. İstanbul Havalimanı'nda şarj olan elektrikli bir araç	120
Görsel 7.14. İstanbul Havalimanı'nda kullanılan elektrikli bir araç ve şarj ünitesi...	120
Görsel 7.15. İstanbul Havalimanı'ndaki bazı A-FOD radarları	124
Görsel 7.16. Aşağı doğru konumlandırılmış bir egzoz	136

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A-CDM	: Airport collaborative decision making- Havalimanı ortaklaşa karar verme sistemi
ACI	: Airport Council International
AOA	: Air Operations Area- Hava operasyonları bölgesi
A-SMGCS	: Advanced-surface movement guidance and control system
ATM	: Air traffic management- Hava trafik yönetimi
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
AVI	: Automatic vehicle identification
AVL	: Automatic vehicle location
BART	: The Bay Area Rapid Transit
CEDAR	: Connected Ecological Digital Autonomous Ramp
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DT	: Digital twin- Dijital ikiz
EASA	: European Aviation Safety Agency
FAA	: Federal Aviation Administration
FOD	: Foreign object damage
GASP	: Global aviation safety plan- Küresel havacılık emniyeti planı
GASPRG	: Global Aviation Safety Plan Roadmap Group
HeERO	: Harmonised eCall European Pilot
HFACS	: Human Factors Analysis and Classification System- İnsan faktörleri analizi ve sınıflandırma sistemi
IATA	: International Air Transport Association
ICAO	: International Civil Aviation Organization

IoT	: Internet of Things
ITS	: Intelligent Transportation Systems
IVHS	: Intelligent vehicle/ highway system
İGA	: İstanbul Grand Airport
K-AUS	: Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri
M2M	: Machine to machine- Makineler arası iletişim
PAT	: Pist, apron ve taksi yolları
RST	: Runway safety teams- Pist emniyet ekibi
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SMR	: Surface Movement Radar
SMS	: Safety management system- Emniyet yönetim sistemi
TSMS	: Tower Surface Management System - Kule Yüzey Yönetim Sistemi
V2I	: Vehicle to infrastructure- Araç- altyapı etkileşimi
V2V	: Vehicle to vehicle- Araç- araç etkileşimi
V2X	: Vehicle to everything- Araç- herhangi bir nesne etkileşimi
VR	: Virtual reality- Sanal gerçeklik

1. GİRİŞ

Dijital dönüşüm hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin sunduğu imkânlar ile işletmelerin gündemine girmiştir (Topaktaş, 2021). Günümüzde işletme stratejilerinin başarılı olup olmadığı işletmelerin teknolojiyi nasıl algıladıklarıyla ilgilidir. Teknoloji yönetimi ve işletme stratejisini birleştirebilen şirketlerin işletme performansının daha yüksek olması beklenmektedir. Bu nedenle işletmelerin teknoloji ve işletme stratejilerini bir arada planlamaları ve çağı yakalamaları önem arz etmektedir (Tekin & Göral, 2010).

Bu çalışmada dünyada ve Türkiye’de yaşanan teknolojik gelişmelerin havacılık sektörüne yansımalarına değinilecek olup akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahaları emniyetine etkilerinden bahsedilecektir. Havacılık otoriteleri hem teknolojinin hızlı gelişimi hem de Covid-19 salgını sonucunda havacılıkta yaşanan değişimleri göz önünde bulundurarak dijital atılımlar yapmaya başlamışlardır. Türkiye’deki havalimanlarında İstanbul Havalimanı başta olmak üzere dijital dönüşüm başlamış olup akıllı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu konusunda adımlar atılmıştır. 2018 yılına kadar Türkiye’nin en yoğun trafiğine sahip Atatürk Havalimanı’na göre daha teknolojik bir havalimanı olan İstanbul Havalimanı apronunda kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahaları emniyetine etkisi, üzerinde durulması gereken bir konudur. Araştırma kapsamında akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahası emniyetine etkisi araştırılarak Atatürk ve İstanbul Havalimanlarının teknolojik gelişmişliklerinin PAT sahası emniyetine etkisi karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılmasının amacı Atatürk Havalimanı’nda meydana gelen kaza ve emniyetsiz olaylara neden olan faktörlerin İstanbul Havalimanı’nda akıllı ulaşım sistemleri vasıtasıyla proaktif bir çerçevede çözüme ulaştırılıp ulaştırılmadığını saptamaktır. Araştırmada Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı PAT sahaları yönetiminde karşılaşılan emniyet problemlerine ilişkin verilerin, derinlemesine görüşmeler yapılarak ramp operasyon süreçlerinde yer alan kurum/kuruluş temsilcilerinden elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple araştırmada derinlemesine veri elde etmeye olanak sağlayan nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiştir. Araştırmanın deseni durum çalışması, araştırma modeli ise çoklu durum çalışması olarak belirlenmiştir.

Bu kapsamda havalimanı apron birimlerinde çalışan kişilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler ve odak grup görüşmeleri yapılmıştır. Apronda emniyeti sağlamak için

kullanılan teknolojiler hakkında sorular sorulmuştur. Elde edilen bilgilerle akıllı ulaşım sistemlerinin ramp araçları kazaları ve olaylarının önüne geçmek amacıyla nasıl kullanılabileceği tartışılarak çözüm önerisinde bulunulmuştur. Araştırmada görüşme sorularının kapsam geçerlilik oranını saptamak için uzman görüşlerine başvurulmuştur. Geliştirilen ölçek ile pilot görüşmeler yapılarak ölçek maddelerine ilişkin gerekli güncellemeler yapılmıştır. Böylece toplanan verilerin geçerliliği garanti altına alınmaya çalışılmıştır.

Araştırmada ana evreni yansıtacak örneklemin bulunmasında kartopu örneklem ve amaçlı örneklem yöntemi kullanılmıştır. Görüşmeler video konferans yöntemiyle yapılmıştır. Katılımcılara çalışmanın konusu, süreç ve istedikleri zaman çalışmadan çekilebileceklerine dair bilgiler verildikten sonra izinleri doğrultusunda ses kaydı alınmıştır.

Ayrıca İstanbul Havalimanı yönetiminden gerekli izinler alınarak apron bölgesinde apron araçlarının harekât sahasında gözlemler yapılmıştır. PAT sahalarında kullanılan akıllı araçlar ve altyapının operasyonda kullanımı ve PAT sahaları emniyetine etkileri sahada gözlemlenmiştir.

2. ULAŞIM SİSTEMLERİNDE DİJİTALLEŞME SÜRECİ

Ulaşım, insanların ve malların mekanlar arasında taşınma sürecidir. Ulaşım modları taşıma işlevinin nasıl yapıldığına, miktarına, taşınma süresine göre tarihsel süreçte gelişmiştir. Taşımacılık talebinin kaynakları ticari amaçlara, sunulan hizmetlerin kapsamına göre değişmektedir. Taşımacılık tarihsel ve kültürel bağlama bağlı olarak insanların bölgesel fırsatlara erişim imkanlarını arttırmış ve sayısız gelişmenin kaynağı olmuştur. Yapılan araştırmalarda farklı teknolojilerin kullanılmaya başlanmasıyla kat edilen ortalama mesafenin önemli ve sürekli bir şekilde arttığı görülmektedir. İnsanlık tarihinde yeni teknolojilerin yürüme ihtiyacında azalmaya yol açtığı görülmektedir. Sonuç olarak, artan nüfus ve şehirleşme dünya çapında giderek daha fazla insanı çekmektedir, bu da ulaşımın çok önemli hale geleceği bir şehirleşme eğilimine yol açmaktadır (Noussan, Hafner, & Tagliapietra, 2020).

Ulaştırma faaliyetlerinin ücret karşılığı yapılması ticaret ve turizme paralel olarak gelişmiştir. Bilinen ilk ticaret amaçlı ve düzenli seferler Mezopotamya ile Anadolu arasındadır. Teknoloji konusunda diğer uygarlıklardan daha ileri olan Sümerler ve Akadlar (M.Ö.2000) Anadolu'ya düzenli kervanlar göndererek ticari faaliyetlerde bulunmuşlardır. Nil Nehri sayesinde savunma haberleşme ve ticari taşımacılıkta gelişen Mısır ticari merkez haline gelmiştir (Kaya, 2018).

2.1. Ulaşım Sistemlerinin Endüstriyel Devrimlerdeki Rolü

Sanayi devriminden bu yana yolcu ve eşya taşımacılığı sürekli olarak artmıştır ve Avrupa ülkeleri çoğunlukla uyumlu ulaşım ağlarının geliştirilmesi ve sürdürülmesinde iş birliği yapmıştır. Avrupa, karayolları, demiryolu hatları ve iç su yollarının yanı sıra deniz limanları ve havaalanlarından oluşan bir tür kılcal ağ aracılığıyla birbirine bağlıdır (Noussan, Hafner, & Tagliapietra, 2020).

Çoğu kaynakta modern ulaşım çağının demir yolu ile başladığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra kara ve su taşımacılığının kombinasyonunun da demir yolu taşımacılığının yerini tutabileceğine de yer verilmiştir. Kara yollarında düzenli bir profesyonel taşıma sisteminin gerçekleştirilmesi için dayanıklı yollara ihtiyaç duyulmaktaydı. Su üzerinde ise belirli bir bölge boyunca hacimli malları hareket ettirebilecek geniş kanallar, nehirler

ve gemi ağırları gerekmektedir. Bu ulaşım sistemleri İngiliz Sanayi Devrimi'ni etkileyen önemli etmenler olmuşlardır (Szostak, 1991).

2.1.1. Ulaşım sistemlerinin endüstri 1.0'daki rolü

18.yüzyılın sonlarına ve 19.yüzyılın başlarında yaşanan birinci sanayi devrimi mekanikleşmeyle ilgiliydi. İlk kez bazı hayvan ya da insan emeği mekanik emekle ikame edildi. Çeşitli işlevlere ve uzmanlaşmaya (çelik, tekstil, aletler vb.) sahip sanayi şehirleri yaratıldı ve yeni üretim faaliyetleri biçimleri ortaya çıktı. Ulaşım ağırları kömür yatakları ve şelaleler gibi enerji kaynaklarını birbirine bağlama eğilimindeydi (Rodrigue, 2020). 18.yüzyılın başlarına kadar ulaşım yalnızca yerleşim yerlerini birbirine bağlarken sanayi devriminden sonra kıtalar arası, kentler arası, üretim- pazar yeri arası ve işçi-işyeri arası ulaşım ağırları gelişme göstermiştir. Ulaşım, kentsel gelişme sürecini hızlandırmıştır (Adıgüzel, Toroğlu, & Kaya, 2015). Gemiler de buhar gücünün kullanılması deniz taşımacılığında büyük bir dönüm noktası olmuştur. Daha hızlı ve emniyetli bir taşımacılığın yanı sıra daha büyük kapasiteli ve ölçek ekonomisinden yararlanan taşımacılık yapılmaya başlanmıştır. Hammadde merkezleri, su yolları sayesinde üretim merkezlerine bağlanmış ve maliyetler azaltılmıştır. Sanayi Devrimi'ne kadar uzaklık insanlar için büyük bir problemken demiryolu, buharlı lokomotif ve buharlı gemi sayesinde bu mesafeleri aşmak kolaylaşmıştır. Lojistik faaliyetler de hızla artmıştır (Kaya, 2018).

Buhar, fabrikalara ve trenlere güç sağlamak için güvenilir olduğu kanıtlanmış, denenmiş ve gerçek bir enerji kaynağıdır. 1700'lerin sonlarında ilk kendinden tahrikli araçlardan bazıları buhara dayanıyordu. Fakat bu teknolojinin arabalarda kendini göstermesi 1870'lere kadar sürdü. Bunun bir nedeni, buharın kişisel araçlar için pratik olmamasıydı. Buharlı araçlar uzun çalıştırma süreleri gerektiriyordu- bazen soğukta 45 dakikaya kadar çıkıyordu- ve su ile yeniden doldurulmaları gerekiyordu, bu da menzillerini sınırlandırıyordu (Matulka, 2014), (Sovacool, 2009).

Bol oldukları ve nispeten kolay binilebildikleri için, on dokuzuncu yüzyılın sonunda astronomik sayıda at ve at arabası hâlen kullanılıyordu. Kısa mesafeler için atlar uygun görülürken uzun mesafelerde trenlere daha çok güveniliyordu. Motorlu taşıtlar

pahalı ve tehlikeli olarak görülüyordu. Toplumun önemli bir kısmının atların kullanımıyla finansal çıkarlar elde etmeleri de motorlu araçlara olan önyargıyı arttırmıştır. Bunun yanı sıra yolların yapımı vergi mükelleflerine ve işçilere büyük yükler getirmiştir (Wells, 2007). Öte yandan motorlu araçları savunan kişiler de atların ucuz olmasına rağmen yavaş tempolu, düşük menzilli, gürültülü ve çevre kirletici olduklarını savunuyorlardı. Bu dezavantajlar, 20. yüzyılın başlarında atların birincil ulaşım aracı olarak kullanımını önemli ölçüde kısıtladı (Shields, 2007). En yeni teknolojik ürünlerden birisi olarak görülen elektrikli arabaların kökeni 1800'lü yılların başlarına dayanmaktadır. Macaristan, Hollanda ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yenilikçiler, pille çalışan bir araç konsepti geliştirmeye başladılar ve ilk küçük ölçekli elektrikli arabalardan bazılarını bu dönemde yarattılar (Matulka, 2014).

Sanayi devriminden önce İngiltere ve Fransa'da vatandaşların belirli günlerde yol yapımı ve tamirat işlerinde çalıştırılmasıyla karayollarının inşa edilmesi sağlandı. Amerika kolonilerinde de aynı yöntemler kullanıldı. Zaman zaman özel bağışlar ve kamu piyangolarından elde edilen paralarla yollar finanse edildi. 18.yüzyılın sonlarına doğru, trafikte büyük bir artış olması sebebiyle daha fazla ve daha iyi yollara ihtiyaç duyuldu. Yerel otoriteler, eyaletler ve hükümetler temel yollar dışında yatırım yapacak sermayeye sahip değildi. Bu nedenle, karma özel ve kamu sermayesi kullanan kiralanmış şirketler iyi bir alternatif olarak görüldü. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ilk paralı yol, 1772'de Virginia tarafından yetkilendirildi. Bu tarihten itibaren, paralı yol şirketleri çoğaldı ve 1800'den sonra eyaletlerin çoğu paralı yollara izin verdi. Bu paralı yollar, özel müteahhitler tarafından kiralık işçi kullanılarak inşa edildi. Amerikalı yol yapımcıları, yol yapımında lider olan Fransız ve İngiliz mühendislerin gelişmelerini örnek alarak ilerleme kaydettiler. (Kemp & Kemp, 2014).

2.1.2. Ulaşım sistemlerinin endüstri 2.0'daki rolü

19. yüzyılın sonlarında ve 20.yüzyılın başlarındaki ikinci sanayi devrimi üretim paydaşları arasındaki koordinasyonu ve üretim çıktısını arttırabilen montaj hatları boyunca seri üretim ilkesinin uygulanmasına dayanıyordu. Telgraf, radyo ve telefonlar gibi modern telekomünikasyon sistemlerinin ortaya çıkması ikinci sanayi devrimine dayanmaktaydı. Demiryolu ve buharlı gemi gibi kitlesel uzun mesafeli taşımacılık

biçimlerinin geliştirilmesi üretim pazarlarına erişimi arttırmıştır (Rodrigue, 2020). Yerel ve kıtalararası demiryolu hatları, kıyıdan kıyıya hızlı, güvenli ve rahat ulaşım sağladı ve kişisel bir at veya bisikletle birlikte tipik olarak bir kişinin tüm ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilirdi. Hafif ve ağır trenler, yağmur veya kar gibi sert hava koşullarıyla savaşıyor ve hatta devasa tüneller yoluyla dağları aşabiliyordu. Trenler aynı zamanda uzun mesafelere taşınması gereken devasa miktardaki yükün birincil ulaşım aracıydı ve yakıtı ucuz, yurtiçinde mevcut ve bol bir yakıt olan kömürle sağlanıyordu. Başlangıçta at arabaları ve yayalar için inşa edilen caddelerin tramvay, otomobil, bisiklet, tramvay ve otobüs karmaşasını barındırması gerektiğinden, trenler ve metrolar da 1890'lardan 1920'lere kadar önemli ölçüde artan trafik sıkışıklığından kaçınmayı sağladı (Shields, 2007). 1880'lerde insanların at ulaşımından vazgeçmeye başlaması ve demiryolu ulaşımının esnek olmaması sonucu bisiklete olan ilgiyi arttırdı. Trenlerin aksine herhangi bir zaman çizelgesine bağlı olmaması, park etmenin kolay olması ve bireysel yolculuğu kolaylaştırması bisikletleri her geçen gün daha popüler hale getirdi. Tüm bunların yanı sıra yüksek hızlarda seyahat edememeleri, yokuş gibi zorlu yollarda çok fazla fiziksel çaba gerektirmeleri, sert havalarda ve geceleri verimli olmamaları, bagaj ve yük taşımaya uygun olmamaları büyük bir dezavantaj yaratıyordu (Sovacool, 2009). 1895'ten 1910'a kadar, elektrikli otomobiller Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'nın çoğu bölgesinde benzinli içten yanmalı araçlardan daha yaygındı. 1800'lerde içten yanmalı motorda yapılan iyileştirmeler sayesinde yeni bir araç türü olan benzinle çalışan araba da piyasaya çıktı. Benzinli arabalar umut vaat etse de kusurları da mevcuttu. Sürmek için çok fazla manuel çaba gerektiriyordu, vites değiştirmek kolay bir iş değildi ve bir el krankı ile çalıştırılmaları gerekiyordu, bu da çalışmalarını zorlaştırıyordu (Matulka, 2014), (Sovacool, 2009). Çok talep görmeseler de benzinli araçlar kullanılmaya başlandı. Dizel veya benzinle çalıştırılabilen içten yanmalı ilk motor, 1860'larda ve 1870'lerde Nikolaus Otto, Gottlieb Daimler, Karl Benz, Wilhelm Maybach ve Rudolf Diesel tarafından icat edildi ve daha sonra iyileştirildi. İçten yanmalı motor Avrupa'da, özellikle Almanya'da popüler hale gelirken, çoğu Amerikalı bu konuda deneyimsizdi. Amerika Birleşik Devletleri'nde bu tür taşınabilir motorlar hakkında çok az şey biliniyordu ve ilk modeller çok düşük beygir gücünde çalışıyordu. Garip ve yeterince anlaşılmamış ateşleme sistemleri sık sık arızalandı ve benzinli araçlar genellikle gürültülü, titreşimli ve çalıştırılması

zor olarak kabul edildi. 1890'ların benzinli otomobili, bireysel zanaatkarlardan oluşan ekipler tarafından müşteri özelliklerini karşılamak için yavaşça elle yapılan lüks bir üründü. Parçaları ölçme ve mastarlama, çelik kesme, montaj, sertleştirme, boyama ve eğeleme gibi standart bir sistem yoktu ve hiçbir benzinli otomobil birbirine benzemiyordu. İçten yanmayla ilgili bilgiler dağınık ve kısıtlıydı. Birçok kişi eski benzinli araçları geçici bir heves olarak görüyordu (Sovacool, 2009). Öte yandan elektrikli araçlar üzerine yapılan çalışmalar devam etmiş ve 1890'lı yıllarda ABD'de ilk başarılı elektrikli otomobil William Morrison tarafından piyasa'ya çıkarıldı. Saatte 14 mil azami hıza sahip altı kişilik araç, elektrikli bir vagondan biraz daha fazlasıydı, ancak elektrikli araçlara ilginin artmasına yardımcı oldu. 20.yüzyılın başlamasıyla elektrikli arabalar en parlak dönemini yaşamakta ve yoldaki tüm araçların üçte birini oluşturmaktaydı (Matulka, 2014).

2.1.3. Ulaşım sistemlerinin endüstri 3.0'daki rolü

20. yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşen üçüncü sanayi devrimi, devam eden otomasyondan yararlandı. Üçüncü sanayi devrimi, nispeten iyi tanımlanmış parametreler ve minimum denetim altında bir dizi görevi tekrarlayabilen makinelerin kullanıldığı çeşitli üretim süreçlerinden oluşan bir dönemdir. Lojistik ve ulaşımın gelişmesi üretim ve tüketimin mekânsal olarak farklılaşmasını sağlamıştır. Böylece girdi maliyetleri düşürülmüş ve küresel üretim ağlarının kurulması teşvik edilmiştir (Rodrigue, 2020). Atların, trenlerin ve bisikletlerin dezavantajları nedeniyle birçok binici, yolcu ve bisikletçi hızla motorlu araçları tercih etmeye başladı. 1890'ların sonlarında en erken ve en yaygın olarak kabul edilen seçenek, buharla çalışan atsız arabalardı. Lokomotif motorları hantal ve büyükken, sabit buhar motorları çok daha küçük boyutlarda ve bol miktarda mevcuttu ve zaten yangın pompalarında, sulama sistemlerinde ve fabrikalarda kullanılıyordu. Buharla çalışan arabalar, atlardan, bisikletlerden veya lokomotiflerden çok daha yüksek hızlara ulaşabildi ve hatta ilk birkaç yılda benzinli ve elektrikle çalışan araçları geride bıraktı. Bir 1897 Stanley Steamer, saatte 120 millik hızları aşabilirdi ve vites değiştirmek için herhangi bir vites gerek yoktu ve sadece bir buhar valfi kullanılıyordu. Buharla çalışan arabalar, motorlu kişisel ulaşım biçimlerine doğru ivme kazanmaya başlamış olsa da benzinli ve elektrikli araçlara kıyasla ciddi dezavantajlara

sahiptiler. Araçların harekete geçmesi uzun sürüyordu ve sürekli suya ihtiyaç duyuyorlardı. Sık sık kazan patlamalarının yaşanması halkı tedirgin etti (Sovacool, 2009).

19.yüzyılın sonlarında ABD’de çok popüler hale gelen elektrikli arabalar ise 1920’lerde büyük bir düşüş yaşadı. Şehirleri birbirine bağlayan iyi yol sistemleri kuran Amerikalılar farklı şehirlere gitmeye başladılar. Ham petrolün keşfiyle yakıtta ulaşım daha kolay oldu ve birçok dolum istasyonu açıldı. Özellikle kırsalda elektriğe ulaşmanın zor olması benzinle çalışan arabaları daha cazip hale getirdi. 1970 ile 1990 yılları arasında son derece yaygın kullanılan fosil yakıtlar elektrikli araçlara olan ilgiyi büyük ölçüde azaltmıştı. Ancak ABD’de 1990’da Temiz Hava Yasası Değişikliği ve 1992’de Enerji Politikası Yasası gibi düzenlemeler elektrikli araçlara olan ilgiyi arttırmıştır (Matulka, 2014).

2.1.4. Ulaşım sistemlerinin endüstri 4.0’daki rolü

Çoğunlukla robotizasyona dayanan dördüncü sanayi devrimi üretim süreçleri, çıktının ölçeği, kapsamı ve ürünlerin özelleştirilmesi açısından daha yüksek düzeyde esneklik sağlamaktadır. Müşterilere erişimin daha çok önem kazandığı bu dönemde küresel ve bölgesel dağıtım sistemlerine erişimi olan alanlar önemli bir avantaj elde etti. Bu sebeple limanlar, havalimanları ve intermodal demiryolu sahaları gibi büyük tesislerin yakınlarındaki lojistik bölgeler, dördüncü sanayi devriminin getirdiği büyük fırsatları değerlendirme açısından daha şanslı görülmektedir (Rodrigue, 2020). Daha önce gerçekleşen üç devrim; ulaşım ve lojistik fosil yakıtlar ve yeni enerji kaynakları üzerine kurulmuştur. Ancak nüfusun giderek artması ve kaynakların tükenmeye başlaması yeni bir dönüm noktasına gelindiğinin habercisidir. Dördüncü sanayi devrimi ise yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklara yönelmiştir. Ayrıca yapay zeka, robotlar, internet, otonom araçlar gibi teknolojilerin hızlanmasını sağlamıştır (Davutoğlu, 2020). 1997 yılında Japonya’da piyasaya sürülen Prius, dünyanın ilk seri üretim hibrit elektrikli aracı oldu. 2000 yılında Prius dünya çapında piyasaya sürüldü. O zamandan beri, artan benzin fiyatları ve karbon kirliliği konusundaki artan endişe, Prius’un dünya çapında en çok satan hibrit araçlardan birisi olmasına yardımcı oldu. Elektrikli araçların yeniden şekillendirilmesine yardımcı olan diğer olay, 2006 yılında Silikon Vadisi’ndeki küçük bir girişim olan Tesla Motors’un tek bir şarjla 200 milden fazla gidebilen lüks bir elektrikli

spor otomobil üretmeye başlayacağını duyurulmasıydı. Tesla'nın duyurusu ve devamındaki başarısı, birçok büyük otomobil üreticisini kendi elektrikli araçları üzerinde çalışmalarını hızlandırmaya teşvik etti. 2010 yılının sonlarında, Chevy Volt ve Nissan LEAF ABD pazarında piyasaya sürüldü (Matulka, 2014).



3. DİJİTAL ÇAĞ VE AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

İnternetin ortaya çıkmasıyla başlayan dijitalleşme süreci hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkmaktadır. İş süreçlerinde etkinlik, verimlilik, maliyet azaltma gibi faydalar sağlamaktadır (Bilgiç, Türkmenoğlu, & Koçak, 2020). Dijitalleşme, akıllı şehirleri ve dijital toplulukları meydana getirmiştir. Akıllı şehirlerin vazgeçilmez unsurlarından birisi de akıllı ulaşım sistemleri olmuştur (Güven, 2019). Hükümetler, bilimsel ve endüstriyel girişimler mevcut altyapı sınırlılıklarını aşmak amacıyla akıllı ulaşım sistemleri çağına geçmektedir. Bu girişimler yük ve yolcu taşımacılığını daha güvenli, verimli, çevre dostu ve keyifli hale getirmektedir (Boukerche & Coutinho, 2019).

3.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri Kavramı

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ‘nin İngilizce’deki karşılığı Intelligent Transportation Systems (ITS) olarak karşımıza çıkar. Akıllı Ulaşım Sistemleri uygulamalarının tüm ulaşım modlarını kapsadığı ve geniş bir hizmet yelpazesi sunabildiği kabul edilmektedir. AUS’un; karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu ulaşımı ve şehir trafiğinin yönetiminde kullanıcılar için gelişmiş bilgiler içerdiği; trafik kontrolünü, olay yönetimini, seyrüsefer gözetim ve rehberliğini, araç emniyet ve kontrol sistemlerini kapsadığı literatürde belirtilmiştir.

3.1.1. Akıllı ulaşım sistemlerinin tanımı

Dünyada ilk kez sinyalizasyon sistemleriyle hayatımıza giren Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) bir dizi elektronik, bilgi işleme, iletişim ve kontrol teknolojisini tanımlamak için kullanılan şemsiye bir terimdir. AUS’un tanımı konusunda ortak bir kanı olmamakla birlikte bir bilgiyi işleyen, hesaplayan veya araç/ yol ağı kontrolü sağlayan araçları; akıllı olarak nitelendirebiliriz. Bu durumda AUS’u bir teknoloji, entegre bir sistem veya bir sistem ağı olarak tanımlayabiliriz (Bayly vd., 2007). Akıllı ulaşım sistemleri, kullanıcı, araç, altyapı ve yolcu arasında çok boyutlu veri alışverişi yapan ve bunun sonucunda izleme, ölçüm, analiz ve kontrol işlevlerini gerçekleştirir (Tektaş & Tektaş, 2019). Akıllı ulaşım sistemlerinin kullanılması ile optimum kapasitede kullanılan yollarda daha güvenli bir trafik deneyimi sağlanabilmektedir. Artan mobilite ile seyahat süreleri kısaltılabilir ve daha fazla enerji verimliliği, yol emniyeti, hareket kabiliyeti

sağlanır ve insan, çevre ve enerji kaynakları üzerindeki olumsuz etkiler azaltılır (AUSDER, 2016) (Tektaş & Tektaş, 2019). AUS'un işlevleri Şekil 3.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.1. AUS'un işlevleri (UAB, 2022)

AUS'un çıkış noktası insanın düşünme ve karar vermedeki yükünü hafifleterek ulaşımdaki problemlere çözüm bulmaktır. Trafik ışıkları ilk AUS uygulamaları olarak sayılabilir. Yayaalara ve sürücülere ne zaman geçip ne zaman duracakları konusunda yardımcı olmuşlardır ve trafikteki bu büyük soruna çözüm üretmişlerdir (UDHB, 2014).

Son yıllarda akıllı ulaşım sistemleri daha fazla geliştirilmiş ve Kooperatif (İşbirlikçi) Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) kavramı ortaya çıkmıştır. Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS), araçlar ve yol altyapısı ile etkileşim kurmak için 5G, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve bağlı otonom araçları kullanan bir teknoloji olarak tanımlanabilir. Araçlar sistemlerini bağımsız olarak çalıştırır ancak aynı zamanda emniyet, verimlilik ve sürdürülebilirlik gibi parametreleri iyileştirmek için iş birliği yapar (Autili vd., 2021). K-AUS, araçlar arası (V2V) (Festag, 2014), araçlar ve altyapı arası (V2I) (Sepulcre, Gozalvez, & Hernandez, 2013) ve yakın gelecekte yaygınlaşması beklenen, araçlarla her şey arasındaki (V2X) (Barrachina vd., 2013) kablosuz iletişime odaklanır. Ulaşım sistemlerindeki sorunları çözmek için (Lahmiss & Khatory, 2021) :

- Bilgisayar teknolojileri,
- Araç hızı ve konumu belirlemek için “yüzen” araba verileri (floating car data),

- Ulaştırma sisteminde gerçekleşen faaliyetler ve bunların kullanımı hakkında bilgi vermek için algılama teknolojileri,
- Araçların birbirleriyle ve çevreleriyle iletişim kurmalarını sağlayan kablosuz iletişim,
- Akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılan başlıca teknolojilerdir.

Özellikle kablosuz iletişimin uygulanması kooperatif akıllı ulaşım sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. K-AUS kablosuz iletişim teknolojilerine paralel olarak gelişimini sürdürmektedir (Lahmiss & Khatory, 2021).

3.1.2. Akıllı ulaşım sistemlerinin tarihçesi

1980 öncesinde Amerika’da 1914’te üç renkli trafik ışıklarının kullanılması ve 1935’te ilk parkmetrenin kullanılması akıllı ulaşım sistemlerine geçişin ilk habercileri sayılabilir. 1980 yılı öncesinde navigasyon ve haritalama teknolojileri, döngü dedektörleri, küresel konumlandırma servisleri (GPS) gibi teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Navigasyon hizmetlerinde AUS’un modern tarihi, ABD Federal Karayolları Birliği’nin karayolu araçlarına rota rehberliği sağlamayı amaçlayan Elektronik Güzergah Rehberlik Sistemini (ERGS) geliştirdiği 60’lı yıllara dayanmaktaydı (U.S. Department of Transportation, 2021). Ayrıca Dünya’daki ilk yapay zekalı ve otonom araç olan “Shakey” adlı robot 1966 ile 1972 yılları arasında üretilmiştir (Nilsson, 1984). Avrupa’da ise akıllı ulaşım sistemlerinin ortaya çıkışı 1969 yılında Avrupa Komisyonu üye devletleri arasında elektronik trafik kontrolünün tanıtımının yapılmasına dayanır (Genvict, 2021).

1980’lerde ulaşımında emniyet ve çevre hakkındaki endişeler artmıştır. Hükümetler bu problemleri çözmek için algılama, iletişim ve kontrol teknolojilerinin geliştirilmesini yeni bir fırsat olarak gördüler. Amerika’da otomatik trafik gözetim ve kontrol sistemleri, yakıt tasarruflu trafik sinyal yönetimi gibi uygulamalar geliştirilmiştir (U.S. Department of Transportation, 2021). Avrupa’da 1986 itibariyle Batı Avrupa ülkeleri, “PROMETHEUS” ve “DRIVE” adlı projelerin rehberliğinde AUS alanında araştırma ve geliştirme yapmaktadırlar (Genvict, 2021).

1990’lı yıllarda akıllı ulaşım sistemlerinin gelişim sürecinde önemli rol oynayan olaylardan birisi de Amerika’da imzalanan Modlar Arası Yüzey Taşımacılığı Verimliliği

Yasası (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act) olup bu yasa ile emniyetli, verimli ve çevreye duyarlı taşımacılık sistemlerinin temelleri atılmıştır. 1991 yılında imzalanan bu yasanın maddelerinden birisi de akıllı ulaşım sistemleri gibi teknolojilerin desteklenmesi gerektiridir (U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2020). İlk olarak Akıllı Araç/Otoyol Sistemleri (Intelligent Vehicle/Highway Systems- IVHS) şeklinde adlandırılmış olup daha sonra yalnızca karayollarını değil tüm ulaşım türlerinin ihtiyaçlarını daha iyi yansıtabilmek için “Akıllı Ulaşım Sistemleri” (Intelligent Transport Systems- ITS) olarak adlandırılmıştır (Elizer, 2012).

“Dünya Çapında Ağ” (World Wide Web) teknolojisi 90’lı yılların başlarında icat edildi. Özellikle ABD, Avrupa ve Japonya; ulaşımında yapılacak yeni teknik gelişmelere daha çok odaklandı. Algılama ve bilgi işlem teknolojilerinin gelişmesi daha emniyetli ve verimli ulaşım sistemlerinin önünü açtı. Ancak bu yıllardaki en büyük sorun bu yeni gelişmelerin böylesine büyük ve çok yönlü bir ulaşım sistemine nasıl uygulanacağıydı. Trafikte bilgi sağlama, yol bulma ve trafik kontrol sistemleri de 90’lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (U.S. Department of Transportation, 2021).

21. yüzyılın başlaması iletişim teknolojileri alanında büyük gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Wi-Fi ağlarının sayısı ve hızı da bu dönemlerde oldukça artmıştır. 90’lı yıllarda da var olan bu teknoloji farklı alanlara adapte edilememiştir. Ancak 90’lı yıllarda yeni nesil Wi-Fi ağlarıyla bu sorunlar ortadan kaldırılmıştır. Uzak sunuculardaki dijital bilgileri toplayan ve analiz eden bir sistem olan bulut teknolojisi de bu dönemlerde ortaya çıktı. Milenyum çağında ortaya çıkan bu yeni nesil teknolojiler AUS’u harekete geçirmiştir. Artık teknolojiler otomatikleşecek ve birbirine bağlanarak veri alışverişinde kullanılabilecekti (U.S. Department of Transportation, 2021).

2010 yılında Avrupa Komisyonu, Avrupa Birliği içinde akıllı ulaşımın yerleştirilmesi için ilk yasal belge olan “AUS Geliştirme Eylem Planı” nı yayınladı. Bu plan ulaşımın sürdürülebilirliği, rekabet gücü, enerji tasarrufu ve emniyet gibi amaçları hedeflemiştir (European Union, 2010).

Bu dönemde yaşanan ekonomik gerilemeler ilgiyi ulaştırma sistemlerinde verimliliği sağlamaya yöneltmiştir. Bu dönemde teknolojik olarak çığır açıcı yenilikler yaşanmıştır. AUS iki bağlamda gelişim göstermiştir. Bunlar; otomatik araçlar ve bağlı araçlardır. Otomatik araçlar sürücü ve yolcu emniyetini arttıran otomatik kontrol işlevlerini barındırır. Otomatik direksiyon, gaz pedalı ve frenleme sistemleriyle sürücünün iş yükünü azaltır. Bağlı araçlar ise araç bilgilerini ve konumunu diğer araçlara (V2V), altyapıya (V2I) veya diğer modlara (V2X) göndermek için kablosuz teknolojiyi kullanır (U.S. Department of Transportation, 2021).

Geleneksel ulaşım çözümlerinin karayolu trafik ağını optimize etmede yetersiz kalması AUS sistemlerinin gelişimini hızlandırmıştır. Özellikle ölüm ve yaralanmaların azaltılması amacıyla ulaşım sistemlerinin paydaşları arasında “akıllı sinerji” oluşturulması hedeflenmiştir (Lahmiss & Khatory, 2021).

2015 yılından günümüze kadar olan süre zarfında akıllı ulaşım sistemleri günlük hayatımızın bir parçası olmuştur. Ulaşım daha emniyetli ve kolay bir hal almıştır. Toplumun teknoloji bağımlılığına paralel olarak gelişen AUS akıllı telefonlara entegre olmaya başlamıştır. Gün geçtikçe bilgisayarlaşan arabalar ve sürücü asistanları sayesinde kazalar ve yaralanmalar büyük ölçüde azalmıştır. Ek olarak şehircilik eğilimleri, çevre, enerji ve ekonomi ile ilgili endişeler sürdürülebilir alternatiflere olan talebi arttırmıştır (U.S. Department of Transportation, 2021).

2016 yılında Avrupa Komisyonu, akıllı araçtan araca ve araçtan altyapıya iletişim sağlayan kooperatif akıllı ulaşım araçlarını 2019 yılına kadar büyük ölçekte yaygınlaştırmayı amaçlayan "Kooperatif AUS Geliştirme Stratejisi" ni onayladı. (Genvict, 2021). Aralık 2020'de Avrupa Komisyonu, 2050 yılına kadar ulaştırma endüstrisinde yeşil ve akıllı ulaşımın inşasını teşvik eden, karbon emisyonlarını %90 oranında azaltmaya çalışan "Sürdürülebilir ve Akıllı Ulaşım Stratejisi"ni açıkladı (European Commission, 2020 b).

Covid-19 pandemisinin etkileri sonucunda seyahat yasakları, sosyal mesafe ve güvenlik korkularının yaşanması özellikle havayolu, toplu taşıma ve demiryolu endüstrilerini etkiledi. Bu dönemde market alışverişi, tıbbi malzeme gibi hayati ürünlerin

teslimatını yapmak bir problem haline dönüşmüştür ve alternatif ulaştırma yöntemlerine ihtiyaç doğmuştur. Birleşik Devletler Ulaştırma Bakanlığı'nın tahminlerine göre AUS gelecekte sürücüsüz araçlarla fiziksel mesafeye uygun olarak teslimat yapabilir hale gelecektir. Yapay zeka, araç bulma ve yön bulma teknolojilerini içeren akıllı ulaşım sistemlerinin gelecekte engelli, yaşlı ya da temel hizmetlere erişimde sıkıntı yaşayan kişilerin bağımsız olarak seyahat etmelerinin yolunu açabileceği düşünülmektedir (U.S. Department of Transportation, 2021).

3.1.3. Türkiye’de akıllı ulaşım sistemlerinin gelişimi

Türkiye’de 1960’lı yıllarda sınırlı uygulamalar ile başlayan akıllı ulaşım sistemleri uygulamaları bilgi ve iletişim teknolojileri ve internet erişiminde yaşanan gelişmelerle hız kazanmıştır. Gündelik hayattaki kullanımı giderek artmaktadır (Aydın & Volkan, 2019). Türkiye’de AUS’un gelişmesindeki önemli kilometre taşları şu şekildedir; (Aydın & Volkan, 2019)

1973 -2000 arası:

- 1973- Boğaziçi Köprüsü Ücret Toplama Sistemi
- 1992- KGM Otoyol Ücret Toplama Sistemi
- 1992- KGM Acil Durum Yönetim Sistemi
- 1994- İlk Araç Takip Sistemi
- 1995- İstanbul Akbil Ücret Toplama Sistemi
- 1995- Otoyol Nakit Ücret Toplama Sistemi
- 1998- İlk Trafik Kontrol Merkezi
- 1999- Otomatik Geçiş Sistemi (OGS)
- 1999- İzmir Kentkart (Türkiye’de ilk kentkart teknolojisi)
- 2000- Bolu Dağı Geçiş Bilgilendirme Sistemi

2000-2010 arası:

- 2002- Mobil Değişken Mesaj İşareti
- 2003- İstanbul Trafik Yoğunluk Haritası
- 2004- Trafik Kontrol Merkezi

- 2004- Ankara Trafik Bilgi Sistemi
- 2004- Kartlı Geçiş Sistemi (KGS)
- 2004- Otoyol Trafik Yönetim Sistemi
- 2005- EDS Kırmızı Işık İhlal Tespit Sistemi
- 2006- Kent Güvenlik Sistemi-MOBESE
- 2006- İlk Cep Trafik Uygulaması
- 2007- Bolu Dağı Tüneli Yönetim Sistemi
- 2008- Mesafeye Bağlı Ücretlendirme
- 2009- Ulusal Araç ve Plaka Tanıma Sistemi
- 2009- İstanbulkart Uygulaması
- 2009- İlk Akıllı Durak Uygulaması

2010-2019 arası:

- 2011- Otonom Araç Çalışmaları
- 2012- Hızlı Geçiş Sistemi (HGS)
- 2012- Ulusal Ulaştırma Portalı
- 2012- Türkiye Jandarma Plaka Tanıma ve Araç Takip Sistemi
- 2012- Adaptif Trafik Yönetim Sistemi
- 2012- EGO Cepte Uygulaması
- 2014- Serbest Geçiş Ücret Toplama Sistemi
- 2014- Bla Bla Car Uygulaması
- 2014- Tek Kartla Ödeme
- 2014- İstanbul MOBİETT Yolcu Bilgilendirme Sistemi
- 2014- Ulusal AUS Strateji Belgesi
- 2015- Elektrikli Araç
- 2016- Türkiye Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği Kuruluşu
- 2016- Osmangazi Köprüsü SCADA ve Otomasyon Sistemi
- 2016- Konsept Akıllı Durak Uygulaması
- 2017- Toplu Taşıma Trafik Yönetim Merkezi
- 2017- İBB Yolgösteren

- 2017- İlk Sürücüsüz Metro
- 2017- İ-Taksi
- 2017- Bandırma 17 Eylül Üniversitesi AUS Sietmleri Uygulama ve Araştırma Merkezi
- 2018- e-CALL Uygulaması
- 2018- Durak Ankara
- 2019- 1. Uluslararası AUS Zirvesi
- 2019 Gebze-İzmir Otoyolu AUS Sistemleri

AUS'un Türkiye'deki başlıca kullanım alanlarından birisi yolcu bilgilendirme sistemleridir. Bu alandaki ilk gelişmelerden birisi Ulusal Ulaştırma Portalı olarak gösterilmektedir. Bu portalde ülke çapındaki ulaştırma bilgilerinin tek bir sistem üzerinden sunulması amaçlanmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinde ve mobil uygulamalarında güzergah analizi, yol durumu, yol haritaları gibi bilgilendirme hizmetleri verilmektedir. Şehir içi trafik hakkında bilgi aktaran "İstanbul Büyükşehir Belediyesi Cep Trafik" yolculara ve sürücülere rehberlik etmektedir. Trafik kazaları, yoğunluk, hava ve yol durumu gibi bilgiler sağlayan grafik tabanlı çalışan değişken mesaj işaretleri de Türkiye'deki yolcu bilgilendirme sistemlerine örnektir (Tufan, 2014). Toplu taşıma sistemlerinin en etkin şekilde çalışabilmesinin koşullarından birisi iyi bir yolcu bilgilendirme sisteminin kurulmasıdır. Türkiye'de özellikle tramvay ve metro gibi yüksek oranda yolcu taşıyan araçlarda etkin bilgilendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bu bilgilendirme sistemleri araç içi ve durak/bekleme yeri olarak ikiye ayrılmaktadır. Toplu taşıma araçlarında ve duraklarda hem görüntülü hem de sesli ikaz ve bilgilendirme sistemleri bulunmaktadır. Ayrıca bazı belediyeler toplu taşımalar için mobil uygulamalar geliştirmişlerdir. Zaman, konum, ödeme ve seyahat planlaması gibi hizmetlerin daha kolay bir şekilde yapıldığı gözlemlenmiştir (Özden, Akalın, & Kara, 2019). Ayrıca 2021 yılı Ekim ayında yapılan 12. Ulaştırma ve Haberleşme Şurası sonuç bildirisinde toplu taşımayla ilgili bazı kararlar alınmıştır. "Ulusal Toplu Taşıma Güvenlik Master Planı'nın" geliştirilmesi için çalışmalar yürütülmesi ve bireysel araç kullanımını azaltarak toplu taşımanın yaygınlaşmasını sağlayacak uygulamalar alınan önemli kararlardan

bazılarıdır (UAB, 2021). Geleceğe yönelik tahminlerde AUS kullanılarak toplu taşımada ve araç paylaşımı uygulamalarında artış olacağı beklenmektedir (UDHB, 2013).

AUS'un Türkiye'de kullanıldığı diğer bir alan da karayolu trafiği yönetimidir. Türkiye'de karayolu trafiğinin yönetiminden genel olarak Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) ve yerel yönetimler sorumludur. KGM tarafından kurulan trafik yönetim merkezleri trafik verilerini toplama, depolama ve dağıtım görevlerini yaparlar. Bunların yanı sıra KGM sorumluluğunda olan Otomatik Geçiş Sistemi (OGS) ve Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) gibi otoyol ücreti toplama sistemleri de sürücü bilgilendirme ve trafik yönetimin de kullanılan AUS örnekleridir (UDHB, 2013), (Tufan, 2014).

Türkiye'de araç üretimi olmasına rağmen araç içinde hız kontrolü sağlama, çarpışma önleme gibi işlevleri olan araç içi elemanlar yurtdışından temin edilmektedir. AUS konusunda ar-ge yapan ve bu tip sistemler geliştiren üniversiteler mevcuttur. Okan Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi ve Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi gibi üniversiteler otonom araçlar başta olmak üzere akıllı ulaşım sistemlerinden birçoğu üzerine çalışmalar yapmaktadır (UAB, 2020), (Tufan, 2014).

AUS vasıtasıyla yük ve filo yönetim sistemleri daha teknolojik bir hal almaktadır. Yük ve filo yönetim sistemlerinden bazıları AVL (Automatic Vehicle Location) ve AVI (Automatic Vehicle Identification) sistemleridir. Bu sistemler İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hafriyat kamyonlarının hız, güzergah ve döküm alanlarının takibi, yol temizliği ve karla mücadele gibi işlerde kullanılmaktadır. Yük ve filo yönetim sistemleri makineler arası (M2M) iletişimin gelişimine paralel olarak gelişmektedir. Eylül 2021 sonu itibariyle M2M abone sayısı 7,2 milyona yaklaşmıştır (BTK, 2021). Türkiye'de geliştirilen bazı yük ve filo yönetim sistemi bileşenleri bulunmaktadır. Araçlara merkezden görev ataması yapabilen ya da görev başlatabilen filo yönetim ve görev atama sistemlerinin yanı sıra yük takip sistemleri gibi sistemler Türkiye'de üretilmektedir (Tufan, 2014). Öte yandan Karayolları Genel Müdürlüğü yük araçları için yol kenarlarında ağırlık ölçümü yapacak sistemler kurmuş ve denetlemeyi

kolaylaştırmıştır. Karayollarında teknolojik gelişmelerin yaşanması başlangıç ve bitiş noktaları arasında aktarmasız bir taşımaya olanak sağlanması açısından çok önemlidir. Özellikle sürüş kolaylığı, yük kapasitelerinin artması, daha güvenli taşıma ve paketleme teknikleri ulaşımın hem daha verimli hem de daha az maliyetli olmasını sağlamaktadır (UDHB ve KGM, 2016).

Acil durum yönetim sistemleri, trafik kazaları ve doğal afetler gibi durumlarda olay yeri vb. bilgilerin paydaşlara iletilmesi gibi işlemleri içermektedir. AUS bu alanda da katkı sunmaktadır (Özden, Akalın, & Kara, 2019). 22 Ocak 2013'te T.C. İçişleri Bakanlığı tarafından yapılan basın açıklamasında Türkiye'nin Avrupa Birliği tarafından desteklenen HeERO projesine (Harmonised eCall European Pilot) dahil olduğu bildirildi. Bu proje kapsamında 112 acil çağrı numarasına bağlı olarak çalışan araç içi acil çağrı sistemleri aracılığıyla ihtiyaç duyan kişilere acil yardım ekibinin hızlı bir şekilde ulaştırılması sağlanmaktadır. Sistem otomatik olarak devreye giriyor ve 112 Acil Çağrı Merkezini arıyor. Konum bilgisi GPS aracılığıyla tespit ediliyor ve araçta bulunan sensörler sayesinde araçta hasarlar yaklaşık olarak hesaplanabiliyor. Yolcular bilincini kaybetse bile eCall çağrısı alındıktan sonra ekipler o bölgeye sevk edilebiliyor (T.C. İçişleri Bakanlığı, 2013). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi afet sonrasında bölgedeki durumlar hakkında çok hızlı bir şekilde bilgi alabilmek için çeşitli yazılımlar ve projeler yürütmektedir. Sayısal telsiz ile geliştirilen yazılımlar ile dinamik haritalar üretilmekte ve ekiplerin koordineli bir şekilde haberleşmesi sağlanmaktadır. GPS yardımıyla ekiplerin birbiriyle takibi, ilgili bölgeye sevki gibi işlemler kolaylıkla yapılmaktadır. Afet Haberleşme Ekip Yönetimi Yazılımı (AHEY) afet anında sahadaki ekipleri yönetebilmek amacıyla geliştirilmiş bir yazılımdır. Yazılım görev atama ve mesaj gönderme gibi işlemleri yapabilmekte aynı zamanda deprem analizi sonuçlarının harita üzerinde gösterilerek ekiplerin hasarlı bölgeye kolayca ulaşmaları sağlanmaktadır. Araçların birbirleriyle haberleşmesini sağlamak amacıyla "Araç Haberleşme Cihaz Yazılımı" (AHC) geliştirilmiştir. Bu sistem ekipler arası bilgi akışını sağlamakta ve hasar tespiti konusunda büyük fayda sağlamaktadır (AKOM, 2022).

Türkiye'de elektronik ücret ödeme sistemlerinde AUS yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. KGS, OGS ve araç içi ödeme sistemleri başlıca örneklerdendir (Özden,

Akalın, & Kara, 2019). 2011 yılında Türkiye’de manuel ödeme sistemleri tamamen kaldırılmıştır. KGM, 1999 yılında OGS’ye (Otomatik Geçiş Sistemi) ve 2005 yılında KGS’ ye (Kartlı Geçiş Sistemi) geçiş yaparak akıllı ulaşım sistemlerini ücret toplama alanında kullanmıştır. 2013’te ise KGS tamamen kaldırılarak OGS ve HGS ile araçlar durdurulmadan ücret tahsilatı yapılmaya başlanmıştır (UDHB, 2013).

Karayollarında güvenliğin artırılması, trafik kazalarından kaynaklı ölümlerin %50 oranında azaltılması amacıyla “2011-2020 Karayolu Trafik Güvenliği Stratejisi ve Eylem Planı” 2012 yılında uygulamaya koyulmuştur. Bu planla altyapının ve araçların güvenlik özelliklerinin artırılması, eğitilmiş ve nitelikli personelin artırılması, kaza sonrası müdahale, akıllı araç, gereç ve donanımlarını geliştirilmesi hedeflenmiştir. 2021 yılına gelindiğinde ise “Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi (2021-2030)” yayınlanmıştır. Gelişen teknolojiyi takip eden yeni sistemlerin hayata geçirilmesi ve yaya, sürücü, yolcu emniyetinin artırılması üzerinde durulan başlıca hedeflerden olmuştur (Resmi Gazete, 2021). Ayrıca erişilebilirliğin artırılması amacıyla yaya butonları devreye sokulmuştur. Yayaların güvenle karşıya geçmesini amaçlayan bu butonlar sesli, titreşimli ve görsel olarak uyarılar vermektedir. Görme engelliler için Braille alfabesine, farklı dil seçeneklerine, darbelere karşı dayanıklı gövdelere sahip olan bu butonlar trafikte emniyeti arttıran önemli unsurlardır (İsbak, 2022)

Türkiye’de akıllı ulaşım araçlarıyla ilgili açık bir hukuki düzenleme henüz yoktur. Belediyelerin AUS hakkında doğrudan uyguladıkları mevzuat hükümleri bulunmaktadır. Ancak bu hükümler genel olarak tüm ulaşım ve toplu taşıma hizmetlerini düzenlemektedir. Trafiği düzenleme, yönetme ve işaretleme tasarlama işlevleri bulunan AUS hakkında kurma ve işletme konusunda bakanlığın yetkili olduğuna dair bir netlik yoktur. Mevzuattaki bu boşluğun giderilmesi, bakanlığa AUS kurma ve işletme yetkisinin verilmesi önemli bir ihtiyaçtır (AUSDER, 2017). Türkiye’de Akıllı Ulaşım Sistemleri alanı ile ilgili tüm aktörleri tek çatı altında toplamak amacıyla 2016 yılında AUSDER adlı bir dernek kurulmuştur. Dernek, Türkiye’de AUS gelişim sürecinin başlarındayken tüm paydaşların uyumlu ve koordineli bir şekilde çalışmalarını amaçlamaktadır (AUSDER, 2016).

2021 yılı Ekim ayında yapılan 12. Ulaştırma ve Haberleşme Şurası'nın temaları “lojistik, mobilite ve dijitalleşme” olarak belirlenmiştir. Şuranın sonuç bildirisinde akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaştırılması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yolların kapasitelerinin daha etkin, daha verimli kullanılması, seyahat sürelerinin kısaltılması ve mobilitenin artırılması gerekliliği belirtilmiştir. Öte yandan akıllı taşımacılığın yakıt tüketimini ve emisyonları azaltması hedeflenmiştir (UAB, 2021).

3.1.4. Akıllı ulaşım sistemlerinin faydaları

AUS'un temel faydaları en geniş kapsamlı; verimlilik, sürdürülebilirlik, emniyet ve güvenlik olarak sayılabilir. AUS kullanan kişilerin daha az maliyete katlanmaları ve bu sistemlerin mobilitayı arttırmaları verimlilik konusundaki faydalarından bazılarıdır. Verimliliği yanı sıra çevreye verilen zararların azaltılmasını ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamaları sürdürülebilirliğe etkilerine örnek olarak gösterilebilir. Sürücülerin altyapıyla ya da diğer araçlarla etkileşimini sağlayabilen AUS sürücüye yardımcı sistemlere sahip olması açısından emniyet ve güvenliğe de büyük katkılar sağlar (Tufan, 2014).

Akıllı Ulaşım Sistemlerinin faydaları ve kullanıldığı alanlar farklı yazarlar tarafından değişik şekillerde sınıflandırılmıştır. Avrupa Komisyonu için Giannopoulos, Mitsakis, & Salanova (2012) tarafından yapılan çalışmada AUS'un 8 farklı alanda uygulamaları olduğundan bahsedilmiştir. Bu alanlar;

- Trafik ve Seyahat Bilgisi: Yolculara gerçek zamanlı bilgi sağlayan trafik ve seyahat bilgisi teknolojileri, sistem ve mevzuatlar bakımından AUS'un ticari olarak kullanıldığı ilk bileşendir.
- Trafik ve Toplu Taşıma Yönetimi: AUS'un başlıca kullanım alanlarından birisi şehir içi ve şehirler arası ulaşım ağında trafik yönetimini iyileştirmek için kullanılmasıdır. Trafik sinyal kontrolü, olay tespiti ve yönetimi, hız limitlerinin uygulanması ve akıllı şerit kontrolü trafik ve seyahat yönetiminde kullanıldığı alanlara örnek olarak gösterilebilir.

- Navigasyon Sistemleri: İletişimde meydana gelen yenilikler AUS navigasyon sistemlerinde büyük gelişme sağladı. Özellikle mobil hücresel ağlar, 3G ve kablosuz internet gibi teknolojiler gerçek zamanlı ve uygun maliyetli olarak trafik ile ilgili büyük miktarda veri alışverişini yapmayı sağlamıştır.
- Akıllı Biletleme ve Ücret: AUS teknolojilerinin ulaşım alanındaki ücretlerin tahsili için kullanılması devletlerin belli kriterlere (emisyon vb.) göre ulaşımı fiyatlandırmasıyla daha çok yaygınlaşmıştır. Toplu taşıma ve diğer ulaşım hizmetlerinde biletleme işlemleri AUS'un kullanıldığı alanlardan birisidir.
- Taşımacılıkta Emniyet ve Güvenlik: Tipik bir emniyet ve güvenlik odaklı AUS uygulaması sürücülere bir kazadan kaçınmalarına yardımcı olabilecek ya da kazanın sonuçlarını hafifletecek bilgiler sağlar. AUS ve emniyet ilişkisi sonraki bölümde daha detaylı olarak açıklanacaktır.
- Yük Taşımacılığı ve Lojistik: Kargo ve lojistik alanında da “Akıllı” hizmetler süreci kullanılabilir. Kullanıcıların daha iyi kararlar almasına yardımcı olmak için kargo verilerini toplamak, depolamak, analiz etmek ve erişim sağlamak amacıyla AUS kullanılabilir. Ulusal ve küresel düzeylerde bilgi hizmetleri ve veri tabanları sağlayan AUS yük taşımacılığında verimliliği arttırabilir.
- Akıllı Mobilite ve Taşımacılık Modları Arası İşbirliği: “Akıllı mobilite” terimi, etkin ve sürdürülebilir seyahat planlaması için gerçek zamanlı verilere dayalı olarak iyi analiz edilmiş bilgilerin sağlanması, seyahatlerin gerçekleştirilmesi ve bu tür seyahatlere yönelik talebin yönetimi anlamına gelir. Akıllı ulaşım mobilitesi sadece kent içi yolculukları değil uzun mesafeli yolculukları ve ulaşım talebini de ifade eder. AUS akıllı mobilite dışında “modlar arası işbirliği (co-modality)” konusunda da fayda sağlar. Modlar arası işbirliği taşımacılık ağlarında (kentsel ve şehirlerarası alanlarda) serbest trafik akışı sağlamaktadır. Filoların ve kat edilen mesafelerin akıllı yönetimi sayesinde daha çevreci bir ulaşım imkanı verir. Hareketlilik için daha akıllı ve gerçek zamanlı bilgi sağlanarak toplu taşıma sistemlerinin ve ağlarının daha iyi yönetilmesi sağlanır.
- Çevre ve Enerji Verimliliği: ITS'nin enerji verimliliğine yönelik ana hedefleri, daha temiz, daha verimli ve daha güvenli ulaşım sağlamaya yardımcı olmaktır.

Altyapı kullanımını optimize etmek, daha verimli trafik yönetimi ve modlar arası etkileşim, çevre dostu ve enerji verimli ulaşım çözümlerini arttırmak AUS'un çevre ve enerji verimliliği alanında kullanılmasına örnek olarak gösterilebilir.

Dimitrakopoulos, Uden, & Varlamis (2020) çalışmalarında AUS'un faydalarını şu şekilde sıralamıştır:

- Kazaların %90-95'inin insan hatalarından kaynaklanması sebebiyle AUS kullanımı insan hatalarını ve dolayısıyla kaza sayılarını azaltır. Bu durum karayolu trafiğini havayolu veya demiryolu kadar emniyetli hale getirme potansiyeline sahiptir.
- Artan yol doluluk oranlarını azaltır. Bu oran geleneksel ya da otonom araçların sayısına ve araç paylaşımı gibi hizmetlerin artmasına bağlı olarak değişmektedir.
- Seyahatteki kayıp zamanları azaltarak maliyetleri azaltır.
- Fiziksel, zihinsel ve yaşa bağlı kısıtlamalar sebebiyle araç kullanamayan kişiler için erişim kolaylığı sağlar.
- Otomatikleştirilmiş kapıdan kapıya hizmetler ve bunun araçlara entegrasyonu sayesinde hem kent hem de kırsal bölgelere daha fazla erişilebilirlik sağlar.

Akıllı ulaşım sistemleri her tür ulaşım (karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu) için uygundur ve hem yük hem de yolcu taşımacılığı için kullanılabilir. Bilgisayarlar, elektronikler, uydular ve sensörler, çağdaş ulaşım sistemlerinde giderek daha hayati hale gelmektedir. Mevcut teknolojilerin yeni hizmetler geliştirmek için entegrasyonu en büyük yeniliklerden biridir. Trafik yönetim yazılımı, güvenlik kameraları, dinamik rota kılavuzu gibi akıllı ulaşım çözümleri, kullanıcıları, ulaşım sistemlerini ve altyapıları çeşitli tehlikelerden korumaya yardımcı olur (Janušová & Čičmancová, 2016).

3.1.5. Akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması

Akıllı Ulaşım Sistemleri sistemin fiziksel olarak bulunduğu yere, sistemin etkilerinin zamanlamasına, emniyeti arttırmada hangi araçları kullandığına veya uygulandığı ulaşım alanına göre sınıflandırılabilir. Ancak en yaygın sınıflandırma fiziksel olarak bulunduğu yere göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırma Bayly vd., (2007) tarafından

araç içi, altyapı temelli ve işbirlikçi akıllı ulaşım sistemleri şeklinde yapılmıştır (Bayly vd., 2007).

Araç içi akıllı ulaşım sistemleri, kullanıcıya ek bilgi sağlayan, sürüşün bir kısmını otomatikleştiren veya müdahale eden sistemlerdir. Kullanıcıyı olası tehlikeler hakkında uyarı sağlayan sensörler, bilgi işlemciler, yerleşik üniteler ve ekranlar araç içi akıllı ulaşım sistemlerine örnek olarak gösterilebilir (Tablo 2.4).

Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te akıllı ulaşım araçlarının sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

Tablo 3.1. Araç içi akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması (Bayly vd., 2007)

Araç İçi Akıllı Ulaşım Sistemleri		
Aktif Sistemler	Pasif Sistemler	Kombine Pasif ve Aktif Sistemler
Aktif Direksiyon Sistemi	Aktif Baş Destekleri	Uzatılabilir Tampon
Aktif Devrilme Koruması	Hava Yastığı Ceketleri	Motorlu Emniyet Kemerleri
Uyarlanabilir Hız Kontrolü	Hava Yastıkları	Çarpışma Önleyici Sistemler
Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri	Suya Düşme Önleyici Koltuk	
Alkol Algılama ve Kilitleme	Çarpışma Veri Kayıt Cihazları	
Hayvan Algılama Sistemleri	Acil Aydınlatma Sistemleri	
Otomatik Ön Cam Silecekleri	Harici Hava Yastıkları	
Fren Desteği	Darbe Algılamalı Kesme	
Gündüz Farları	Sistemleri	
Sürücü Dikkatini İzleme	Pop-up Kaput Sistemi	
Elektronik Stabilite Kontrolü	Emniyet Kemer Gerdiriciler	
Acil Fren Tavsiye Sistemi	Emniyet Kemer Yük	
Takip Mesafesi Uyarısı	Sınırlayıcıları	
Önden Çarpışma Uyarısı ve Önleme		
Kaska Monte Edilen Ekranlar		
Akıllı Aydınlatma Sistemleri		
Şerit Değiştirmede Çarpışma		
Uyarısı ve Önleme		
Şeritten Ayrılma Uyarısı ve		
Kontrolü		
Paralel Park Asistanı		
Yaya Algılama Sistemleri		
Arkadan Darbelere Karşı Önlemler		
Arka Görüş Ekranları		
Ters Çarpışma Uyarı Sistemi		
Hız İkaz ve Sınırlama Sistemleri		
Araç Teşhis Sistemleri		
Görüş Geliştirme		

Altyapı temelli akıllı ulaşım sistemleri, Tablo 3.2’de görüldüğü gibi genelde iki işleve sahiptir. Bunlar; sürücülere yol kenarındaki mesaj levhalarıyla ek bilgi sağlamak veya trafik akışını daha iyi yöneterek kontrolü sağlamaktır. Her iki durumda da altyapı temelli AUS yollardan bilgi toplamak için çeşitli sensörleri, yol kenarı mesaj levhalarını ve sinyalleri kullanır.

Tablo 3.2. Altyapı temelli akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması (Bayly vd., 2007)

Altyapı Temelli Akıllı Ulaşım Sistemleri		
Aktif Sistemler	Pasif Sistemler	Kombine Pasif ve Aktif Sistemler
Hayvan tespit sistemi Nefes tespit sistemleri Lazer hız dedektörleri Bisiklet sinyal sistemleri Gerçek zamanlı bilgi sistemleri Yaya sinyal sistemleri Tekerlekli sandalye tespiti Otomatik ücret toplama Değişken mesaj işaretleri Hava durumu bilgi sistemleri Düşük görüş uyarı sistemleri	Kaza yönetim sistemleri	Altyapı temelli akıllı ulaşım araçları kombine pasif ve aktif sistemler olarak henüz tanımlanmamıştır.

Kooperatif akıllı ulaşım sistemleri, araç- altyapı veya araçlar arasındaki iletişimi içerir (bkz. Tablo 3.3). Bu iletişim; aracın altyapıdan bilgi aldığı ancak karşılığında bilgi vermediği durumlarda tek yönlü, aracın başka bir araca veya altyapı temelli sisteme bilgiyi hem gönderip hem de aldığı durumlarda çift yönlü olabilir (Bayly vd., 2007).

Tablo 3.3. Kooperatif akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması (Bayly vd., 2007)

Kooperatif akıllı ulaşım sistemlerinin sınıflandırılması		
Aktif Sistemleri	Pasif Sistemler	Kombine Pasif ve Aktif Sistemler
Gelişmiş seyahat bilgi sistemleri Gelişmiş uyarı aygıtları Elektronik gümrükleme Filo yönetim sistemleri Otomatik araç konumu; bilgisayar destekli yönlendirme Tehlikeli malzeme sistemleri Akıllı hız adaptasyonu Araçlar arası iletişim sistemleri Demiryolu geçiş sistemleri Devrilme uyarı sistemleri	Otomatik kaza bilgilendirme	*Kooperatif akıllı ulaşım sistemleri, kombine pasif ve aktif sistemler olarak henüz tanımlanmamıştır.

3.2. Yıkıcı ve Yenilikçi Teknolojilerin Akıllı Ulaşım Sistemlerine Etkisi

Yıkıcı ve yenilikçi teknolojiler olağan ürün/teknoloji yeteneklerini aşan ve yeni bir rekabet paradigması için bir temel sağlayan bilimsel keşiflerdir (Kassicieh vd., 2000). Bu bölümde yıkıcı yenilikçi teknolojilerden ve bunların akıllı ulaşım sistemlerine etkilerinden bahsedilecektir.

3.2.1. Otonom araçlar teknolojileri

Otonom araçlar teknolojileri radar, lidar, GPS, sensörler ve kameralar gibi teknolojileri kullanarak çevresini algılayabilen ve sürücüsüz olarak çalışabilen araçlardır (UAB, 2022).

ABD’de bulunan Otomotiv Mühendisleri Topluluğu “SAE International” 2014’te “Karayolunda Motorlu Araçlar için Sürüş Otomasyon Sistemlerine İlişkin Terimler için Taksonomi ve Tanımlar” adlı bir yayın hazırlanmıştır. Bu yayında seviye 0’dan seviye 5’e kadar otomasyon düzeyleri belirlenmiştir (SAE, 2021). Bu otomasyon düzeyleri şu şekildedir; (SAE, 2021), (Kirkland, 2019), (Bagloee vd., 2016), (NHTSA, 2022)

Seviye 0- Sürüş Otomasyonu yok: Aracın kontrolü tamamen sürücüdür. Yönlendirme, frenleme ve hızlanma gibi işlemler sürücü tarafından yapılır. Yardımcı sistemler yoktur.

Seviye 1- Sürücü Yardımı: Aracı sürmekten sürücü sorumludur ancak bazı yardımcı sistemler bulunmaktadır. ABS (kilitlenme önleyici fren sistemi) ve hız sabitleyici gibi sistemler bulunmaktadır.

Seviye 2- Kısmi Sürüş Otomasyonu: Yarı otonom sürüşe karşılık gelmektedir. Otomatik şerit tutuşu, adaptif hız kontrolü gibi en az iki ana kontrol işlevi otomatiktir. Ani bir trafik sıkışıklığında araç, direksiyon ve frenleme kontrolünü ele alabilir.

Seviye 3- Koşullu Sürüş Otomasyonu: Uygun trafik ve çevre koşulları altında, sürücü kontrolü araca bırakabilir. Sürücü direksiyon başında bulunmalı ve her an kontrolü devralmaya hazır olmalıdır.

Seviye 4- Yüksek Sürüş Otomasyonu: Tamamen otonom ancak direksiyonun başında birisi vardır. Çoğu zaman araç kendi başına gidebilir, karmaşık şehir trafiğinin üstesinden gelebilir. Sürücü başka şeylerle ilgilenebilir ve trafiği izlemek zorunda kalmaz.

Seviye 5- Tam Sürüş Otomasyonu: Kendi kendine giden arabalardır. Araçtaki kişilerin herhangi bir şekilde işlem yapmasına gerek yoktur. Sürücünün direksiyon başında bulunması gerekmez. Henüz geliştirilme aşamasında olan seviye 5 otonom araçlarda direksiyon olmaması beklenmektedir.

ABD Ulaştırma Bakanlığı otonom araçların en büyük faydalarını emniyet, erişilebilirlik, çevresel katkı ve verimlilik olarak belirtmiştir. Bu faydalardan kısaca bahsetmek gerekirse; (NHTSA, 2022), (Noussan, Hafner, & Tagliapietra, 2020)

Günümüzdeki otonom araçların aktif emniyet sistemleri sayesinde yakın tehlikeler araç tarafından öngörülebilir. Bu sayede kazaların oluşumu engellenebilir. Gelecekte ise tamamen otonom araçlar sayesinde insan faktörünün kaza nedenleri arasından çıkarılması ve kazaların en az seviyeye indirilmesi beklenmektedir. Kazaların büyük oranda azalması sonucunda kazalardan kaynaklı maddi kayıpların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Otonom araçların yaşlı ve engellilerin hareketliliğini arttırması ve dezavantajlı bireylerin hayatını kolaylaştırması planlanmaktadır. Bu yönüyle erişilebilirliğe büyük katkısının olması beklenmektedir.

Otomasyona paralel olarak elektrikli araçlar da gelişim göstermektedir. Elektrikli araçlar sayesinde çevre kirliliği azaltılacaktır. Araç otomasyonu, arazi kullanımını önemli ölçüde değiştirebilecek otomatikleştirilmiş yolculuk paylaşımı ve mekik filolarının artan kullanımıyla, kişiselleştirilmiş park yerleri ve park alanlarına olan ihtiyacı potansiyel olarak değiştirecektir.

Trafik gecikmelerini önemli ölçüde azaltması beklenen otonom araçlar hem yakıt maliyetlerini hem de araç emisyonlarını büyük oranda azaltacak ve verimliliği arttıracaktır.

3.2.2. Sarmal arayüzler

Sanal gerçeklik ortamlarıyla etkileşim sağlamak için gerekli unsurlardan birisi sarmal arayüzlerdir. Bu teknoloji kullanılarak yeni nesil araç içi arayüzler oluşturulabilir ve seyir halindeki sürücülere dikkat dağıtmadan bilgi gösterilmesi sağlanabilir. Gelecekte sürücü davranışlarını modellemede kullanılabilecek sanal gerçeklik simülasyonlarının, sarmal arayüzler sayesinde gerçekleştirilmesi beklenmektedir (UAB, 2022). Sarmal sanal ortamlara genellikle başa takılan ekranlar vasıtasıyla erişilir. Böylece kullanıcıların kafa hareketlerindeki değişikliklerinin sanal dünyadaki kameralar aracılığıyla izometrik haritalamaları çıkartılır. Kafa, el ve vücut konumunu ölçer ve geri bildirim verir. Böylece yürüme, koşma ve araba sürme gibi aktivitelerinin bir simülasyonunu sanal ortamda oluşturabilir. Bu teknoloji hareket kısıtı olan bireylerin de sanal dünyada hareket etmelerini sağlayabilir (Bruder vd., 2012). Otonom ve yarı otonom araçlardan sonra yakın gelecekte insan müdahalesi olmayan araçların ortaya çıkması muhtemel görünmektedir. Otonom arabalar sürekli denetim gerektirmeyeceğinden sürücü, yolcularla konuşmak, kitap okumak veya akıllı telefon veya tablet kullanmak gibi ikincil bir faaliyette özgür olacağı düşünülmektedir. Bu senaryoların gerçekleşebilmesi için;

- Otomatik sürüş kontrolünün insandan devralınmasını sağlayan “Kontrol Transferi” sisteminin,
- Otomatik sürüş sisteminin sürücüyü kontrolü derhal devralması konusunda uyardığı “Devralma” sisteminin
- İnsan sürücünün kontrolü otonom araca bırakmak istediğinde kullandığı “Sürüş Yetkilendirmesi” sisteminin kullanılması gerekmektedir.

Bu bağlamda Sanal Gerçeklik teknolojilerinden derinlemesine yararlanılabilir. VR sistemleri sadece test ve doğrulama ortamları olarak değil, aynı zamanda bu tür bir arayüzle ilk kez karşılaşan kişiler için bir eğitim ortamı olarak da kullanılabilir (Sportillo vd., 2017).

3.2.3. Nesnelerin interneti- IoT

1940’larda yavaş yavaş ortaya çıkmaya başlayan nesnelerin interneti teknolojisi zamanla ivme kazanmıştır. Moore Yasası’na göre bilgisayar işlem gücünün her bir buçuk

ya da iki yılda bir ikiye katlanacağı düşünülmektedir. Fakat günümüzde bu oranın geometrik arttığı anlaşılmıştır. Bu yasanın doğruluğu kanıtlanırcasına bilgisayarların işlem gücü, bellek boyutu ve ağ kapasitesi katlanarak büyümekte ve maliyetler de benzer oranda düşmektedir. Yıllar içindeki yenilik dalgalarından birisi de nesnelerin internetidir. Nesnelerin ve öznelerin gerçek zamanlı bir ağ oluşturmaya dayalı olan bu yıkıcı yenilik bilgisayarların ortaya çıkmasından bu yana sürekli gelişmektedir (Kagermann, 2014).

Nesnelerin interneti kavramı ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından yapılan bir sunumda kullanılmıştır (Ashton, 2009). Ancak bu teknolojinin ilk kez kullanımı 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'ndeki bir projeye dayanır. Bu çalışmada kameralı bir sistem kullanılarak bir kahve makinesinin görüntüleri internet üzerinden paylaşılır. Bu projenin araştırmacıları Tom Igoe'nin "Nesneleri Konuşturmak" adlı kitabındaki fikirlerden yola çıkarlar. Projeye göre günlük hayatta kullanılan akıllı nesneler ve insanlar aynı iletişim katmanına yerleştirilecektir. Böylece karşılıklı olarak öğrenebilecek ve birbirleriyle iş birliği yapacaktır (Mansilla, Armentia, & Ipin, 2012), (Gökrem & Bozuklu, 2016).

Nesnelerin, Verilerin ve Hizmetlerin İnternetinde, herhangi bir teknolojik cihaz, dünyanın herhangi bir yerindeki herhangi bir cihazla veya kişiyle yüksek hızlarda bilgi alışverişinde bulunabilir. Tek tek cihazların ve çevrelerinin durumu hakkında en güncel bilgiler herhangi bir zamanda alınabilir. Teknoloji altyapısı, çok büyük fiziksel mesafelerde bile izlenebilir ve çalıştırılabilir. Ağ oluşturma, çok çeşitli karmaşık teknolojik süreçlerin eşzamanlı kontrolünü ve optimum koordinasyonunu sağlar. Gelecekte arabalarda, otobüslerde, trenlerde ve diğer araçlarda bulunan akıllı navigasyon sistemleri; trafik hacimleri ve yerel toplu taşıma hizmetlerindeki aksamalar hakkında bilgi paylaşacak ve yarının şehirlerindeki trafiğin özerk bir şekilde yönetilmesini sağlayacaktır. Fabrikalarda ve işletmelerde üretim sistemlerini ve iş süreçlerini, sipariştan giden lojistiğe kadar gerçek zamanlı olarak ve farklı şirketler arasında bağlamak da mümkün olacak (Kagermann, 2014).

Kablosuz sensör ağlarıyla geleneksel iletişim ağlarının entegrasyonunu gerçekleştiren nesnelerin interneti teknolojisi ilgili ekipmanın uzaktan yönetimi ve

izlenmesi için bir platform sağlar. Bu teknoloji akıllı ulaşım sistemlerine entegre edildiğinde ise araç yönetim teknolojileriyle AUS'un organik bir kombinasyonu sağlanmış olur. Bu kombinasyon sayesinde taşımacılık daha güvenilir, emniyetli ve hızlı bir hal alır. Öte yandan nakliye maliyetlerinin azaltılmasında da önemli bir rol oynar (Zhang & Tan, 2021).

IoT mimarisinin temelini oluşturan 3 bileşen vardır. Bunlar; donanım, ara katman yazılımı ve sunum katmanıdır. Donanım, sensör düğümlerinden, gömülü işletim sisteminden ve arayüz devresinden oluşur. Ara katman yazılımı ise veri depolama, analiz ve kaynakları işleme görevlerini yerine getirir. Sunum katmanı ise farklı uygulamalar için çeşitli platformlarla uyumlu, verileri son kullanıcıya anlaşılır bir biçimde sunan etkin görselleştirme araçlarından oluşur (Shafique vd., 2020).

Nesnelerin interneti teknolojisi otonom araca geçişin arkasındaki itici gücü oluşturmaktadır. IoT ile ilgili teknolojiler otomotiv endüstrisinin gidişatını belirlemekte ve birbiriyle bağlantılı arabaların geleceğin ekonomisinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir. IoT yalnızca otomobil endüstrisini dönüştürmekle kalmayacak otomobil üreticileri ve yazılım geliştiriciler arasında bir güç mücadelesini de tetikleyecektir (Krasniqi & Hajrizi, 2016).

Bulut sistemleri ve nesnelerin internetinin gelişimiyle lojistik alanındaki transfer, işleme, depolama ve paylaşım gibi işlemler kolaylıkla yapılmaya başlanmıştır. Böylelikle bu teknolojiler artan ulaşım sorunlarından birçoğunu çözüme ulaştırmıştır. Günümüzde karayolu taşıtlarının büyük miktarda veri toplamasını sağlayan gelişmiş sensörler bulunmaktadır. Uygun bir iletişim sistemiyle araçlar filo yönetimi, trafik sıkışıklığı, karbondioksit emisyonu, yol güvenliği gibi konular için birbiriyle iletişime geçen akıllı nesnelere dönüşebilirler (Fernandez, Espada, & Díaz, 2014).

Birçok kullanım alanına sahip olan nesnelerin interneti teknolojisi sensörler yardımıyla verileri toplar. Bu veriler “Büyük Veri”yi oluşturur. Büyük veriler “Bulut Bilişim” sistemlerinde depolanır. Analiz edilmeleri ise “Makine Öğrenmesi” sayesinde olur (Gökrem & Bozuklu, 2016).

3.2.4. 5.nesil mobil ağlar- 5G

1981 yılında ilk 1G sisteminin tanıtılmasından sonra neredeyse her 10 yılda bir yeni bir mobil ağ teknolojisi ortaya çıkmıştır. 1G teknolojisi kitlesel bir mobil telefon hizmeti sağlamıştır. 2G küresel alanda birlikte çalışılabilir ortam oluşturmuştur. Ayrıca güvenilir mobil telefonları ve SMS metin mesajlaşmasını mümkün kılmıştır. 3G'nin yüksek hızlı veri aktarım yeteneği internetten bilgi indirmeyi kolaylaştırdı. Veri kapasitesi ve hızında önemli gelişmeler sağlayan 4G çevrimçi platformları ve yüksek hızlı mobil internet hizmetlerini kitlelerin kullanımına açmıştır. 5G teknolojisi ise olağanüstü veri yetenekleri, sınırsız çağrı hacimleri ve sonsuz veri yayını ile en güçlü hücresel kablosuz ağlardır (Attaran, 2021). Geleceğin mobil haberleşme altyapısını oluşturması beklenen 5.nesil (5G) mobil ağlar mevcut sistemlere (4,5 G) göre daha az hızlı ve daha yüksek kapasiteli olarak tanımlanabilir. Bu ağlar sayesinde kablosuz geniş bant altyapısı AUS başta olmak üzere çeşitli IoT uygulamalarında kullanılabilir (UAB, 2022). Düşük gecikme sürelerine sahip olan 5G, geniş bir yetenek kapsamına sahiptir. Araçtan araca iletişim, 4G'nin yaptığı gibi bilgi ve eğlence hizmeti, Wi-Fi ve Bluetooth kullanılarak yapılabilen işlemler, teknik sorunları üreticilere bildirme ve araç donanım yazılımlarını güncelleme gibi tüm faaliyetleri yerine getirebilir (Krasniqi & Hajrizi, 2016).

IoT dijital ve fiziksel ortamlar arasında köprü kurmaktadır. Akıllı fabrikalar, otonom araçlar, akıllı binalar, akıllı şehirler ve IoT bağlantılı endüstriyel uygulamalar kapsamında her zamankinden daha fazla otomasyona ve otonom kararlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgilerin toplanması ve analiz edilmesi esnasında ortaya çıkan çok büyük miktarlarda veriyle baş edebilmek için daha hızlı kaynaklar gereklidir. 5G IoT alanında ve ötesinde çeşitli görevler için ihtiyaç duyulacak güvenilirlik, düşük gecikme süresi ve mobilite gibi işlevleri yerine getirmeyi vaat ediyor (I-SCOOP, 2018).

3.2.5. Bulut teknolojisi

1980'li yıllara gelindiğinde bilgisayarları, programları ve verileri özgürleştirme fikri yaygınlaşmaya başlamıştır. Bireylerin kendi bilgisayar ortamlarını kontrol etmek, ihtiyaçlarına uygun yazılımları seçmek ve sistemleri kendi zevklerine göre özelleştirmek konusundaki talepleri yeni bir teknolojinin kapılarını açmıştır (Hayes, 2008). Sanal veriler, programlar ya da yazılımlar gibi bilişim kaynaklarının sanal olarak paylaşılabilir

havuzuna “Bulut Teknolojisi” veya “Bulut Bilişim” adı verilmektedir. Bu teknoloji, yönetim, hesaplama, uygulama, barındırma, içerik depolama ve dağıtım işlemlerini büyük oranda kolaylaştırır ve maliyetleri azaltır (Mell & Grance, 2011), (Goyal & Jatav, 2012). ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü’ne göre bulut hizmetlerinin 5 temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar; isteğe bağlı kişisel hizmet, geniş ağ erişimi, kaynak havuzu, hızlı esneklik ve ölçeklendirilebilir hizmet (Iorga & Karmel, 2016). Ayrıca bulut bilişim tüketicilere 3 hizmet modeli olarak sunulur; (Yüksel, 2012), (Iorga & Karmel, 2016)

- Servis olarak Yazılım (Software as a Services, SaaS): kullanıcıların uygulamalara, web tarayıcıları gibi ara yüzler aracılığıyla çeşitli cihazlardan erişebildiği hizmet türüdür. Kullanıcılar herhangi bir kurulum yapmadan internete bağlı oldukları her yerden bulut bilişim üzerindeki uygulamalara erişebilirler.

- Servis olarak Platform (Platform as a Service, PaaS): servis sağlayıcı, kullanıcılara kendi uygulamasını geliştirip çalıştırabileceği bir platform sunar. Sunulan bu platformda kullanıcı uygulamayı geliştirebilir ve çalıştırabilir. Ayrıca gerekli tamamlayıcı servislere ve teknolojik altyapıya ulaşabilir.

- Servis olarak Altyapı (Infrastructure as a Service, IaaS: Bulut servisini altyapı olarak kullanan müşteriler işlemci, depolama, ağ kaynağı gibi bilişim kaynaklarını kendisi yapılandırabilmektedir. Elde ettiği altyapı üzerine ihtiyacı olan uygulamaları ve işletim sistemlerini kurabilmektedir. Servis olarak Altyapı, diğer bulut hizmetlerine göre daha fazla imkan sağlar.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planına göre Bulut Bilişim ve Nesnelerin İnterneti teknolojileri ulaşım sistemlerinde yaşanan problemlere çözüm sunacaktır. Trafik tıkanıklıkları ve araç güvenliği gibi konularda fayda sağlaması beklenmektedir (UAB, 2020). Bitam ve Mellouk (2012) yaptıkları çalışmada yol güvenliği, seyahat güvenirliliği, bilinçli seyahat seçenekleri, çevre koruma ve trafik esnekliği gibi ulaşım problemlerini çözmek için AUS’a uygulanan AUS- Bulut (ITS-Cloud) adlı yeni bir bulut bilişim modeli önermişlerdir (Bitam & Mellouk, 2012).

3.2.6. Büyük veri

Büyük veri, büyük, karmaşık ve çeşitli yapıya sahip veri kümelerine verilen addır. Bu büyük veri kümelerinin depolanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi zordur. Burada büyük veri analitiği devreye girer. Büyük verileri şirketlere ya da kişilere fayda sağlayacak ve rekabette öne çıkaracak şekilde analiz etmek için büyük veri analitiği kullanılır (Sagiroglu & Sinanc, 2013). Büyük Veri devriminden önce şirketler tüm arşivlerini uzun süre saklayamıyorlar ve devasa veri kümelerini verimli bir şekilde yönetemiyorlardı. Geleneksel teknolojilerin sınırlı depolama kapasitesi, katı yönetim araçları olmasına rağmen pahalıydı. Ayrıca Büyük Veri bağlamında ihtiyaç duyulan ölçeklenebilirlik, esneklik ve performanstan yoksunlardı. Büyük Veri Yönetimi yeni yöntemler ve teknolojilerle veri işlemenin, analiz etmenin, güvenceye almanın ve devasa miktarlardaki veri kümelerine ayrıntılı bir erişim sağlamanın önünü açar (Oussous vd., 2018).

Akıllı ulaşım sistemleri kapsamında, kameralar, sensörler ve araçlar gibi trafik bileşenlerinden elde edilen büyük miktardaki verilerin işlenmesi ve anlamlı hale getirilmesi büyük bir role sahiptir. Büyük veri kullanılarak yapılan hızlı ve dinamik modelleme ile AUS için daha iyi benzetim ve modelleme kabiliyetleri sunulabilecektir. Bu sayede trafik yönetimi kolaylaşırken trafik tıkanıklığı, trafik kazaları ve benzeri olumsuz durumların önceden tahmin edilmesiyle önlenebileceği öngörülmektedir (UAB, 2020).

3.2.7. Açık veri

Kişiler ve makineler tarafından kullanımı teknolojik ya da yasal olarak engellenmeyen geniş kapsamda erişilebilir kamu verileri açık veri olarak adlandırılır (Akdamar, 2017). Açık veriler herhangi bir telif hakkı, patent ya da diğer kısıtlamalara tabi olmadığı için isteyen herkes tarafından kullanılabilir. Dijital haritalar, meteorolojik bilgiler, trafik verileri gibi bilgiler açık veriler günlük kullanımdaki ürün ya da hizmetlere entegre edilebilir. Böylece araç navigasyon sistemleri; hava tahminleri, yol tıkanıklığı gibi trafik bilgilerine ulaşılmasını sağlar (Gürdal, 2014).

3.2.8. Blok zincir (Blockchain)

Tanımı konusunda hem akademide hem de endüstride ortak bir kanı olmasa da blok zinciri veri bloklarının bir zincir oluşturacak şekilde birbirine bağlandığı ve kriptografi kullanılarak güvence altına alındığı veri ögeleri topluluğudur. Blok zincire giren bilgiler girildikten sonra değiştirilemez veya silinemez. (Kakavand, Kost De Sevres, & Chilton, 2017), (Zhan, 2020).

AUS uygulamalarından biri olan “Bir Servis Olarak Hareketlilik” (Mobility as a Service- MaaS) farklı ulaşım modlarının birbirine entegre edilmesiyle tek bir hareketlilik servisi oluşturmayı amaçlar. MaaS, blok zincir teknolojisi sayesinde oluşturulabilir. Böylece ulaşım alanında veri paylaşımı kolaylaşacak, bağlantılı araçlar arasındaki veriler daha güvenli korunabilecektir. Blok zincirle beraber otonom ve bağlantılı araçlar daha güvenli olacak ve hızla gelişecektir (UAB, 2020).

3.2.9. Yapay zeka, makine öğrenmesi ve derin öğrenme

Yapay Zeka, insan zekası gerektiren çeşitli görevleri yerine getirmek için akıllı makineler ve bilgisayar programları oluşturan bir bilim ve teknoloji dalıdır. Yapay Zeka, eğitim, hukuk, sağlık, güvenlik vb. alanlarda kullanılarak insanların hayatını daha üretken hale getirmiştir. Geleceğin yapay zekası şüphesiz mevcut olandan çok daha fazla özelliğe sahip olacaktır. İnsan zekasına daha benzer şekilde çalışacağı belki de bir CEO pozisyonunu devralabilecek kapasitede olabileceği düşünülmektedir. Yapay zeka, sağlık, ulaşım, e-ticaret ve daha pek çok alanda yeni yenilikler getirmektedir. Yaklaşan yenilikler, insanların yaşamları ve gelecek nesiller üzerinde büyük bir etkiye sahip olacağı düşünülmektedir (Sivasubramanian, 2021).

Yapay zeka teknolojisinin gelişmesi makine öğrenmesi kavramını ortaya çıkarmıştır. Makine öğrenimi, çevredeki ortamdan öğrenerek insan zekasını taklit etmek için tasarlanmış, gelişen bir hesaplama algoritması dalıdır. Makine öğrenimine dayalı teknikler, uzay aracı mühendisliği, finans, eğlence, biyomedikal ve tıbbi uygulamalara kadar çeşitli alanlarda başarıyla uygulanmıştır (El Naga & Murphy, 2015).

Geleneksel makine öğrenimi teknikleri, doğal verileri ham formlarında işleme yetenekleri açısından sınırlıydı. Uzun yıllar boyunca bir örüntü tanıma veya makine

öğrenme sistemi oluşturmak, ham verileri uygun bir dahili temsile veya özellik vektörüne dönüştüren bir teknoloji üretilmedi. Derin öğrenmeyle birlikte bir makinenin ham verilerle beslenmesine, algılama ve sınıflandırma için gerekenleri otomatik olarak keşfetmesine olanak tanıyan bir dizi yöntem geliştirildi (LeCun, Bengio, & Hinton , 2015).

Makine öğrenmesi; derin öğrenme teknolojileri ve yapay zeka ile gerçek zamanlı olarak trafik tahminleri ve akıllı karar verme gibi uygulamalarda kullanılabilir. Bu teknolojiler özellikle otonom araçların hızla gelişmesine yardımcı olacaktır. Trafikte olası senaryoların önceden analiz edilmesiyle olası kazaların tespit edilip önleneceği öngörülmektedir. Gelişmiş bilgi teknolojileri altyapısı ve çözümleri, yapay zeka ve büyük veri ile derin öğrenme teknikleri akıllı ulaşım çözümleri için büyük önem arz etmektedir (UAB, 2020).

3.2.10.Drone

Günümüzde hem sivil hem de askeri uygulamalar için çeşitli yeteneklere sahip uçan dronlara artan bir ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı ortamlarda ve lokasyonlarda otonom olarak uçabilen ve çeşitli görevleri yerine getirebilen yeni dronlar hızla gelişmektedir (Hassanalien & Abdelkefi, 2017). İçinde insan olmadan uçan ve uzaktan otomatik olarak kontrol edilen her türlü araca dron denilir. Askeri jargonda insansız hava aracı olarak kullanılan dronlar karada, denizde hatta deniz altında bile kullanılabilirler (Chamayou, 2015).

Son yıllarda trafik ve hava durumu izleme, arama kurtarma, güvenlik, gözetim uygulamaları, yangınla mücadele gibi alanlarda da kullanılmaktadır (UAB, 2020). Dronların geleceğin bağlantılı akıllı şehirlerinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Dronlar gelecekte geniş bant kablosuz internet için mobil vericiler olarak hizmet verebilir ve akıllı şehirlerin gözetimini ve güvenliğini sürdürebilir, mal ve mal teslim edebilirler (Vattapparamban vd., 2016).

3.2.11. Dijital ikiz

Dijital ikiz (DT) kavramının temelleri Grieves (2005) 'in çalışmasında ortaya atılmıştır. Ürün yaşam döngüsü yönetimi konusunu ele alan yazar “Yansıtılmalı Alanlar

Modeli” (Mirrored Spaces Model) adını verdiği çalışmasında gelecekte ürün yaşam döngüsünü daha iyi yönetmek için nesnelerin sanal bir alanda kontrol edilebileceğinden bahsetmiştir. Gerçek nesnelerin sanal ortamda muadillerini yaratarak zaman, enerji, ve fiziksel özellikler yönünden gncellenebileceğini belirtmiştir (Grieves, 2005). Aslında bu kavramın geçmişi NASA’nın Apollo Projesi’ne kadar dayanmaktadır. Uzaya gönderilen aracın prototip ikizi Dünya’da her şeyi aynı şekilde simüle ederek mevcut uçuş verilerini aynen yansıtır ve görevdeki astronotlara yardımcı olurdu (Rosen vd., 2015). 2010 yılına gelindiğinde NASA’nın hazırladığı teknolojik yol haritasının taslağında kavram ilk kez “Dijital İkiiz” olarak adlandırılmıştır. Taslakta uçuş ömrünü sanal ortama yansıtarak enerji depolama, aviyonik, yaşam desteği, araç yapısı ve termal yönetim gibi bir çok konuyu simüle eden ultra gerçekçi bir araç olduğundan bahsedilmiştir (NASA, 2010)

DT teknolojisi, fiziksel bir varlığın sanal bir eşlemesidir. Tarihsel veriler, gerçek zamanlı veriler ve algoritma modelleri yardımıyla, tüm yaşam döngüsü sürecini simüle etmek, doğrulamak, tahmin etmek ve kontrol etmek için teknik bir araçtır. Fiziksel bir varlığın karayolu trafiğinde uygulanan dijital ikizi, yalnızca fiziksel varlıkların sanallaştırılmış haritalanmasını gerçekleştirmekle kalmaz, aynı zamanda çeşitli sensörler ve ağ iletişim teknolojileri kullanarak yol altyapısının dinamik olarak izlenmesini ve trafikteki kişilere doğru bir şekilde geri bildirim gerçekleştirir. Buna ek olarak, trafik davranışına dayalı olarak olası riskleri değerlendirebilir ve tahmin edebilir, mevcut trafik koşullarına dayalı olarak trafik durumunu analiz edebilir ve karayolu trafik teşhisi ve kararları için doğru bir temel sağlayabilir (Wu vd., 2022).

3.2.12. Dijital Olgunluk

Dijital olgunluğun tanımı, bir şirketin dijital alandaki değerikliklere, iş süreçlerinde dijital başarılarla ulaşmasına ve ayrıca personelin dijital yetkinliklerinin gelişimine yeterli tepkisidir. Dijital dönüşümün dijital olgunlukla aynı şey değerildir. Dijital olgunluk, dijital dönüşümün temelidir. Dijital olgunluk seviyelerini artırmayı hedefleyen şirketler, faaliyetlerinin her alanında dijital dönüşümden geçmektedir (Aslanova & Kulichkina, 2020).

Giderek daha fazla dijitalleşen bir ortamda rekabet avantajını korumak için günümüz kuruluşları dijital olgunluk düzeylerini değerlendirmeye çalışıyor. Bu durum göz önüne alındığında, son birkaç yılda bir şirketin dijital durumunu değerlendirmek için tasarlanmış çok sayıda dijital olgunluk modeli ortaya çıkmıştır. Büyük ölçüde uygulayıcılar tarafından geliştirilen ve yayınlanan bu modellerin akademik olarak değerli olup olmadıkları hala belirsizliğini koruyor (Thordsen, Murawski, & Bick, 2020).

Teichert (2019) yaptığı çalışmada yapılan birçok araştırmayı incelemiş ve en yaygın dijital olgunluk alanlarını belirlemiştir. Bu alanlar şu şekildedir; (Teichert, 2019)

Dijital Kültür: Dijital dönüşümü hızlandıran özellikleri oluşturur; risk alma, test etme, öğrenme, müşteri odaklı ve değişime açık olma gibi.

Teknoloji: Bilgi iletişim ve bilişim teknolojileri mimarisi/sistemleri içerir. Yeni dijitalleşme tabanlı sistemler, dijital veri işleme vb. bunlardan bazılarıdır.

Operasyonlar ve Süreçler: Süreçlerin dijitalleştirilmesi, otomasyon ve esneklik/çeviklik gibi özellikler, süreçleri sanayileşmiş bir standarda getirme, operasyon mükemmelliği gibi faktörler önem arz etmektedir.

Dijital Strateji: Yeni yollarla iş yapmak için dijital teknolojiyi kullanan bir stratejinin geliştirilmesi/yürütülmesi, uzun vadeli yönelim, iş stratejisiyle bağlantılı dijital dönüşüm, endüstri 4.0 yol haritası dijital stratejide dijital olgunluk için önemlidir.

Organizasyon: Dijital işi destekleyen yönetim yapısı/uygulamaları, fonksiyonlar arası iş birliği, organizasyon genelinde yerleşik dijital beceriler, tanımlanmış dijitalleşme ile ilgili roller/görevler, yeterli kaynak tahsisi, dijital iş önceliklerini uygulamak için çapraz fonksiyonel ekipler, esnek topluluklar, çevik yönetim, organizasyonun dijital olgunluğunun göstergeleridir.

Dijital Beceriler: Dijital beceriler, uzmanlık, deneyim ve ilgi; Endüstri 4.0'a adanmış personel, çalışanların bilgi iletişim teknolojileri yeterlilikleri, verilerle güçlendirilmiş karar verme, yeni teknolojilere açıklık, çalışanların gerektiğinde dijital becerilere/uzmanlığa erişimi dijital beceriler açısından olgunluğa ulaşma göstergeleri olarak görülmektedir.

İnovasyon: Daha esnek/çevik bir çalışma şekli sağlayan yetenekler, yıkıcı iş modelleri geliştirme, çevik yöntemler kullanma, müşteriyi inovasyon sürecine dahil etme, inovasyonu finanse etme, düzenli olarak yürütülen inovasyon dijital olgunluğa ulaşmak için önemli adımlardır.

Müşteri İçgörüsü ve Deneyimi: Müşterinin dijitalleşmeden faydalanması; ürünlerin/hizmetlerin kişiselleştirilmesi; müşterilerle etkileşim kurmak için dijital hizmetleri kullanmak; müşteri değerine odaklanmak, müşteri temas noktalarının dijitalleştirilmesi; verilerden değer yaratmak, müşteri katılımı ve yetkilendirme müşteri içgörüsü ve deneyimi açısından önemli olgunluk göstergeleridir.

Yönetim: Dijital stratejinin kapsamlı/güvenilir şekilde yürütülmesini sağlamak için yaratıcı düşünme ve yenilik yapma yetkisi olan herkes, yenilik/değişim yönetimine sistematik yaklaşımı benimser, farklı hiyerarşik düzeylerde, standartlarda ve düzenlemelerde katılımını, yeterli kaynak tahsisini sağlar. Bu özellikler yönetimin dijital olgunluğa ulaşması açısından önemlidir.

Vizyon: Organizasyonun öncelikli dijital vizyonunu gerçekleştirmesi; tüm personel dijital vizyonla uyumlu çalışması dijital olgunluğun bir vizyon olarak sağlanması açısından önemlidir.

Dijital Ekosistem: Kuruluşlar, dijital bir ekosistemin parçası olarak çalışırlar; dikey/yatay değer zincirlerinin sayısallaştırılması/entegrasyonu, iş ağı ile dijital bağlantı, birlikte çalışabilir teknoloji platformları, son kullanıcılar tarafından konfigüre edilen yeni/yüksek oranda özelleştirilebilir çözümler sağlanması dijital ekosistemde olgunluğun sağlanması açısından önemlidir.

Liderlik: Liderlik ekibi yeni teknolojileri öğrenir, liderlerin uzun vadeli ikna edici bir vizyonu vardır, liderler aktif olarak yeni fırsatları tanımlar ve gerçekleştirir, iş birliğini teşvik eder, Endüstri 4.0 veya dijital dönüşüm için merkezi koordinasyonun sağlar. Böylece dijital olgunluk sağlanabilir.

Uyumluluk ve Güvenlik: BT güvenliği, dijital güvenlik, kuruluş içinde ve paydaşlara yönelik BT uyumluluğu, risk faktörlerinin değerlendirilmesi, risk yönetimi, uyum için

değer zinciri ağını optimize etme; yetkisiz erişimden kaçınma, uyumluluk ve güvenlik açısından dijital olgunluğun sağlanması için önemlidir.

Ürünler ve Hizmetler: Akıllı ürünler/hizmetler, ürün/hizmet tekliflerinin dijitalleştirilmesi, kişiselleştirme için dağıtılan veri analitiği, veri tabanlı hizmetler, dijital özellikler, ürün ve hizmetler açısından dijital olgunluğun sağlanmasında önemlidir.

3.3. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Emniyet İlişkisi

Akıllı ulaşım sistemlerinin yarar sağladığı konular AUS karbon emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltmanın yanı sıra riskleri, yüksek kaza oranlarını ve trafik sıkışıklıklarını azaltma şeklinde özetlenebilir. Öte yandan emniyeti ve güvenilirliği artırarak tüm taşıma modlarında yolcu memnuniyetini artırır (Qureshi & Abdullah, 2013).

AUS uygulamaları, sürücülerin kazadan kaçınmalarını ya da kaza sonuçlarının hafifletilmesini sağlamaya yardımcı olabilir. Hangi AUS uygulamalarının, kazaları ve bunların şiddetini en iyi şekilde azaltabileceğini belirlemek için akıllı ulaşım sistemleri ve kaza sebeplerini ilişkilendirmek gerekir. Bu ilişkiyi kurarken üç ana faktör dikkate alınmalıdır; sürücü, araç ve trafik ortamı. Emniyeti sağlamak amacıyla kullanılacak en uygun AUS'un bu üç ana faktör üzerinde birleşik güçlü etkilerinin olması gerekmektedir. Ayrıca AUS'un emniyete katkıda bulunma şekilleri "Aktif Emniyet" ve "Pasif Emniyet" sistemleri olarak ikiye ayrılır. Bir kaza meydana geldikten sonra önleme ve koruma yapma işlemi pasif emniyete örnektir. Öte yandan kaza yaşanmadan proaktif olarak gerekli emniyet seviyelerinin sağlanması aktif emniyete bir örnek olarak gösterilebilir (Giannopoulos, Mitsakis, & Salanova, 2012). Görece daha yeni bir konsept olan "Kombine Pasif ve Aktif Sistemler" yol ortamını, aracı ve sürücüyü potansiyel tehlikeler için izleyen (aktif emniyet) ve ardından bir çarpışmanın kaçınılmaz olduğu düşünüldüğünde pasif emniyet önlemleri uygulayan sistemlerdir. Bu sebeple kombine pasif ve aktif sistemler sadece araç içinde bulunur (Bayly vd., 2007).

Altyapıdaki uyarı ışıkları, işaretler ve mesajlar sürücüler arasındaki iletişim için önemlidir. Özellikle bisikletlileri ve yayaları görünür kılarak emniyeti artırır. Karanlıkta daha farklı önlemler almak gerekir. Örneğin yaya ve bisiklet geçitlerinde

uyarlanabilir aydınlatma sistemi kullanılarak yaya veya bisikletli geçişlerinde aydınlatma artırılabilir. Kavşak noktalarında yaya algılama sistemleri veya acil durum frenleme sistemleri kullanılabilir. Potansiyel emniyet faydalarını gerçekleştirmek için en iyi sistemlerin devreye alınması ve paydaşlarla karar vericiler tarafından desteklenmesi önemlidir (Silla vd., 2017).

Stanton ve Salmon (2009), çalışmalarında sürücü hatalarını sınıflandırmışlardır. Hataları önlemek veya sonuçlarını azaltmak için sürücü hata türlerine uygun akıllı ulaşım sistemleri önermişlerdir. Önerilen akıllı ulaşım sistemleri özet şeklinde Tablo 3.4’ da gösterilmiştir. Gelecekte, AUS’un tüm araçlara entegre edilerek sürücü hatalarının daha çok azaltılması beklenmektedir (Stanton & Salmon, 2009).

Tablo 3.4. İnsan hatası türlerine göre akıllı ulaşım sistemi önerileri (Stanton & Salmon, 2009)

Hata türü	Örnek	Akıllı ulaşım sistemi çözümü
Harekete geçememe	Aynaları kontrol etmeme	Çarpışma algılama ve uyarı sistemleri / Yaya algılama ve Uyarı Sistemleri
Yanlış hareket	Fren yerine gaza basma	Akıllı hız adaptasyon sistemi / Uyarlanabilir seyir kontrolü
Hareket zamanlama hatası	Frene çok erken ya da çok geç basma	Uyarlanabilir seyir kontrolü
Algısal başarısızlık	Yaya geçişini gözden kaçırma	Çarpışma algılama ve uyarı sistemleri / Yaya algılama ve uyarı sistemleri
Yanlış okunan bilgi	Yanlış okunan yol sinyalleri, trafik kontrol aygıtları ve yol işaretleri	Araç içi işaret sunum sistemleri / Rota navigasyon sistemleri
Kasıtsız ihlal	Farkında olmadan hızlanma	Akıllı hız adaptasyon sistemleri / Hız kontrol sistemleri
Kasıtlı ihlal	Hatalı sollama ve bilinçli hızlanma	Auto-take sistemi

2004 yılında Amerika’da bir grup araştırmacı devlet teşvikiyle ABD’de trafik emniyeti sorunlarını azaltmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Seçilen bazı ülkelerdeki AUS kullanımının emniyete katkılarını araştırmışlardır. Ekip, Japonya, Almanya ve Fransa’da devlet kurumlarıyla, araç üreticileriyle, ticaret birlikleriyle ve özel sektör

kuruluşlarıyla toplantılar düzenlemişlerdir. Bu üç ülkenin seçilme nedeniyse emniyet konusunda ölçülebilir iyileştirmeler yaptıkları AUS stratejilerine sahip olmalarıdır. Bu ülkelerin mevcut ve gelişmekte olan AUS uygulamaları dikkat çekicidir. Görüşmelerden ve saha çalışmalarından sonra emniyetin artırılması amaçlı teknolojik geliştirmelerin hangi alanlarda uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Bunlar;

- Hız sınırlarının ve trafik sinyallerinin otomatik sistemlerle denetlenmesi
- Altyapı tabanlı çarpışma uyarı sistemleri
- Çarpışmadan kaçınmak için araç tabanlı önlemler
- Emniyet sorunlu alanların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi
- Emniyet sorunları için geleneksel yöntemler yerine AUS kullanımı
- Hava durumu kaynaklı sorunları azaltma sistemleri
- Hız yönetimi ve trafiği hafifletme
- Yaya ve bisikletli emniyeti
- Navigasyon, yolcu bilgilendirme ve trafik işaretleri sorunları
- Emniyetle ilgili verilerin toplanması
- Kamunun kabulü ve yasal sorumluluk sorunları gibi uygulama engelleri

Yukarıda belirtilen hususlar için araştırma yapılan ülkelerdeki AUS uygulamalarından öne çıkanlar aşağıda listelenmiştir; (Njord vd., 2006)

- Trafik akışını yönetmek, tıkanıklığı azaltmak ve bilgi iletişimini sağlamak amacıyla statik ve değiştirilebilir mesajlar içeren levhaları asmaktır.
- INVENT, PREVENT ve eSafety, gibi Avrupa Birliği girişimlerinin belirli AUS emniyet uygulamalarını kamu- özel iş birliğine destek verilmektedir.
- eCall sistemi, acil durum personelinin kazalara ve diğer olaylara doğru ve zamanında müdahale etmesini sağlayacaktır.
- Farklı biçimlerde uygulanabilecek görüntü işleme uygulaması sürücü için kritik bilgileri toplama, analiz etme ve sürücüye tam zamanında iletme konusunda umut vaat etmektedir.
- Fransa'da elektronik geçiş ücreti toplama, paralı yollarda daha verimli bir seyahat deneyimi sağlamaktadır.

- SafeMAP gibi dijital haritalama uygulamaları karayolu, araç ve etraftaki diğer kaynaklardan toplanan bilgileri dijital haritalama ve navigasyon sistemleriyle birleştirerek sürücüye iletmektedir.
- Hız yönetimi ve kontrolü, AB'nin kazaları ve sonucunda meydana gelen yaralanma ve ölümleri azaltmak için attığı adımların odak noktasında yer almaktadır. Emniyet açısından kanıtlanabilir faydalar sağlayan hız yönetimi ve kontrol uygulaması Fransa'daki bir otoyolda örnek olarak uygulanmıştır. Bu örnek uygulamanın sonucunda kazalarda %85'lik azalma meydana gelmiş olup böylece bu stratejinin emniyet üzerindeki faydaları ortaya konulmuştur.
- Video olay tespiti, emniyeti arttırmada büyük potansiyeli olan teknolojilerden birisi olarak belirlenmiştir. Bu teknolojinin başarılı şekilde uygulanması için olağan bir trafik akışıyla olay veya çarpışmalar arasındaki ilişkinin ayrımını yapabilecek algoritmalar gerekmektedir.
- Avrupa Birliği AUS'un kullanımıyla ilgili sorumlulukları belirlemek ve uygulayıcıların haklarını korumak amacıyla "Uygulama Kuralları" oluşturmuştur.
- Sürücü davranışı alanında sürücü yardımıyla ilgili insan-makine etkileşimi, öngörü ve algılama gibi farklı yenilikler uygulanmaktadır.

4. HAVALİMANLARINDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Dijitalleşmenin büyük bir hız kazandığı son yıllarda birçok kuruluş daha rekabetçi ve üretken olmak için dijital teknolojileri kullanmaya başlamışlardır. Ancak birçoğu yeterli dijital olgunluğa ulaşamamıştır. Büyüyen dijital ekonomiden yararlanmak, ekonomik fırsatları iyileştirmek, üretkenlik ve büyüme sağlamak için liderlerin ve kural koyucuların atması gereken bazı temel adımlar vardır. İlk olarak değer yaratacak dijital yatırımlara öncelik verilmesi gerekmektedir. Sektörün gerektirdiği rekabet araçlarında dijital stratejilerin kullanılması ikinci önemli adımdır. Tüm bunları sağladıktan sonra dijital dönüşüm için doğru ortamı yaratmak gerekmektedir (Knickrehm, Berthon, & Daugherty, 2016).

Teknolojinin yaygın bir şekilde kullanılması “teknoloji yönetimi” kavramını ortaya çıkarmıştır. Stratejik hedefleri şekillendirmek ve bu hedeflere ulaşabilmek için gereken teknolojik kabiliyetlerin planlanması, geliştirilmesi, temin edilmesi ya da kazanılabilmesi için mühendislik, temel bilimler ve yönetim disiplinlerinin bir arada kullanılması teknoloji yönetimi olarak adlandırılır (Ertekin, 2013) .

Havacılık gün geçtikçe daha otonom, daha bağlantılı, daha akıllı ve daha çeşitli hale gelmektedir. Havayolu yolcuları, giderek daha fazla, sorunsuz ve verimli seyahat etmelerini sağlayan çevre dostu, akıllı ve kişiselleştirilmiş mobilite seçenekleri beklemektedir. Seyahat seçimlerini artık yalnızca tarifeler, fiyatlar ve gerçek zamanlı dakiklik belirlemiyor, aynı zamanda yolcular çevresel etkiler konusunda da bilgilendirilmek için hızlı ve güvenilir veriler istiyorlar. Havacılıkta bu yeni çağı başlatmak için teknolojiden yararlanmak çok önemlidir. Maksimum fayda sağlamak için, dijital dönüşüm, kapıdan kapıya hava yolculuğunu kapsayan havalimanlarından, havayollarına, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcılarından düzenleyici kurumlara kadar bu deneyimde rol oynayan herkesi kapsayan bütünsel ve yolcu merkezli olacaktır (SESAR, 2020). Son yıllarda havaalanları tarafında öncelik verilen dijital teknolojiler arasında Nesnelerin İnterneti (IoT), sanal modelleme ve simülasyon ile işbirlikçi akıllı makineler ve robotlar yer almaktadır (Pell & Blondel, 2018).

2019 yılında ortaya çıkan korona virüs salgını havayolu taşımacılığını küresel bazda etkilemiştir. Havalimanlarının işletme giderlerinin çok az esnekliğe ve aynı zamanda büyük ölçüde sabit maliyetlere sahip olması havalimanı endüstrisini büyük bir zorluğa sokmuştur. Geçmiş tahminlerde havaalanı sektöründe artış trendinin devam etmesiyle 2022’de 175,8 milyar dolardan fazla gelir elde edileceği öngörülmüştür (Airports Council International, 2022). Fakat Covid-19 salgınının etkileri sonucunda %34,6 azalma ile toplam havaalanı pazarı gelirinin 60,8 milyar dolar civarında olabileceği tahmin edilmektedir. Covid-19 pandemi kriziyle birlikte havacılık sektörünün dönüşüm geçirmesi ve olası kriz risklerini hızlıca belirlemeleri önem arz etmektedir. Havacılık operasyonlarının emniyetli ve sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için yeni teknolojik çözümlerin üretilmesi kapasite kısıtını aşmada önemli rol oynayacaktır (Serrano & Kazda, 2020). İspanya merkezli havalimanı işleticisi Aena’nın inovasyon proje müdürü Pablo Lopez Loeches COVID-19 sonrası havalimanı endüstrisinde büyük bir değişim yaşanacağını ve bu değişime uyum sağlayabilmek adına inovasyon, yolcu deneyimi ve sürdürülebilirlik stratejilerini gerçekleştirebilecek bazı programların uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Bu programlardan bazıları Havalimanı 4.0, akıllı operasyonlar ve bakım yönetimi, iş süreçlerinin dijital dönüşümü, dronlar, kargoda dijitalleşme ve uzaktan hava trafik kontrolü şeklinde sıralanabilir (Loeches, 2020).

Dünya’daki havacılık otoriteleri hızla gelişen teknolojiyi takip edebilmek ve uyum sağlayabilmek için farklı projeler ortaya çıkarmıştır. ICAO belirli aralıklarla kapsamlı stratejik hedefler seçmektedir. 2022 yılında açıklanan ICAO raporundaki stratejileri 2030’a kadar gerçekleştirmek için 5 stratejik hedef belirlenmiştir. Bu hedeflerin amacı küresel işletmelerin ve yolcuların sosyal ve ekonomik kalkınmaya uygun olarak daha geniş bağlantı ağına ulaşmalarını sağlamaktır. Ayrıca ICAO havacılığı destekleyerek kapasiteyi iki katına çıkarmak ve 2030’a kadar sistem emniyetinin, verimliliğinin ve çevresel performansın artırılmasını hedeflemiştir. ICAO’nun 5 stratejik hedefi; emniyet, hava seyrüsefer kapasitesi ve verimliliği, güvenlik ve kolaylaştırma, hava taşımacılığının ekonomik gelişimi ve çevresel koruma şeklinde belirlenmiştir (ICAO, 2022)

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) ve Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından ortak bir girişim olan NEXTT (New Experience Travel

Technologies) projesi 2020 yılında duyurulmuştur. Projeyi ortaya çıkaran havacılık otoritelerinin gelişen teknoloji trendini havacılık işletmelerinin yakalaması gerektiği düşüncesidir. NEXTT projesinin temel amacı önümüzdeki 20 yıl boyunca yolculuğun tamamını değiştirecek yeni vizyonları ve gelişen teknolojileri incelemektir. Projenin planlanan hedefleri şu şekildedir (IATA, 2020);

- Geleceğin havalimanlarındaki trendler için endüstride fikir birliği oluşturmak,
- Ar-Ge, standardizasyonu veya düzenleyici gelişmeler için ihtiyaçları belirlemek,
- Yeni konseptleri gerçeğe dönüştürmek için gereken iş akışlarının belirlenmesi.

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği- IATA tarafından 2011 yılında yayınlanan “Vision 2050” raporunda 2050 yılına kadar olan perspektifte havacılıktaki en önemli önceliklerin emniyet ve güvenlik olduğu belirtilmiştir. Ancak geçmiş yıllardan farklı olarak otomasyon ve yeni teknolojiler emniyet standartlarında devrim yarattığı için özellikle emniyetin sağlanmasının daha kolay bir hal alacağı da raporda üstünde durulan önemli bir noktadır. Örneğin geleneksel yer tabanlı seyrüsefer sistemlerinden, günümüzde uydu tabanlı ağ paylaşım ve seyrüsefer sistemlerine geçilerek pilotlara ve kontrolörlere ortak durum kontrolü ve esneklik sağlanmıştır (IATA, 2011).

Türk sivil havacılık sektörü hızlı değişimlere, yeni politikalara ve dünyadaki büyük rekabete ayak uydurarak gelişmiş teknolojileri takip etmiş, dünya ve Avrupa’da üst sıralarda yer almıştır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2018). DHMİ’nin 2019-2023 yıllarını kapsayan stratejik planında pist, apron ve taksi yollarının daha etkin ve verimli kullanılması için gelişen teknolojiye göre genişletilmesi gerektiği belirtilmiştir. Havalimanlarındaki binaların yolcu potansiyeli, konforu ve havacılık güvenliğine uygun olarak teknolojik sistemlerle donatılması ve dünya standartlarına uyumlu hale getirilmesi önemli bir husus olarak gösterilmiştir (DHMİ, 2019). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı stratejik planda da uluslararası alanda bilgi, teknoloji ve eğitim imkanlarının rekabet gücünü geliştirecek biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (SHGM, 2019).

Bu kapsamda tüm ulaştırma modlarında yaşanan teknolojik gelişmelerin bir yansıması olarak “Akıllı Ulaşım Sistemleri” ortaya çıkmıştır. Akıllı ulaşım sistemleri

ulaştırma ve trafiğin daha güvenli ve verimli planlanması, analiz edilmesi ve yönetilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Yaman, 2014). Mart 2022’de gerçekleştirilen Uluslararası Akıllı Ulaşım Sistemleri Zirvesi’nde de T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanı, Türkiye’de AUS sayesinde daha güvenli, konforlu, emniyetli ve çevreci ulaşım sistemlerini hedeflediklerini belirtmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Bu kapsamda sivil havacılığın gelişmesi emniyet kavramını da genişletmiştir. Ticari havacılığın ilk zamanlarında sıklıkla yaşanan kazaların ve tesis edilemeyen emniyetin temelinde gelişmemiş teknoloji ve yetersiz regülasyonlar yatmaktaydı. Teknoloji ilerledikçe düzenlemeler geliştirilmiş ve havayolu taşımacılığı diğer taşımacılık modlarından daha emniyetli hale gelmiştir (Atioğlu, 2012)

Akıllı ulaşım araçlarının kullanımı sadece otoyol trafiğiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda hava taşımacılığında uygulamaları vardır (Qureshi & Abdullah, 2013). Havacılıkta akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı için büyük miktarlarda veri gerekmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisi sayesinde yakıt tüketimi, uçak bakımı ve hava koşullarına kadar çeşitli büyük veriler toplanmaktadır. Veri işleme ve otomasyon sistemleri daha iyi ve emniyetli bir müşteri deneyimi sağlayarak memnuniyeti arttırmaktadır. Havayolu taşımacılığı alanında çalışan personeller için temel zorluklar; tıkanıklıkların ve gecikmelerin azaltılması, hava taşımacılığı hizmetlerine erişimin kolaylaştırılması, emniyet ve çevresel uyumdur. Sensörler ve IoT cihazlarından toplanan veriler, veri madenciliği teknikleri ve makine öğrenme algoritmalarıyla işlenip uçuş gecikmeleri vb. sorunların nedenlerini tespit etmek için kullanılmakta ve gerekli AUS zmleri için rehber olmaktadır (Dimitrakopoulos, Uden, & Varlamis, 2020).

4.1. Hava Trafik Sahasında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı

Koronavirüs pandemisinin hava trafiğinde keskin bir düşüşe sebep olması kapasitenin talebe daha kolay nasıl uyarlanabileceği sorusunu gündeme getirdi. Hava trafiğinin daha esnek, sürdürülebilir ve modern olmasını sağlamak amacıyla 2020 yılında ‘‘Tek Avrupa Hava Sahası’’ (Single European Sky) politikası ortaya atıldı. Temelinde en uygun rotaları kullanarak emisyonları azaltmayı hedefleyen bu politika modern teknoloji kullanımını teşvik etmektedir. Hava trafik yönetimini optimum seviyede yapabilmek için

işbirlikçi ağ sistemlerine ve veri hizmetlerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır (European Commission, 2020 a).

Birleşik Krallık'ın önde gelen hava trafik kontrol hizmetleri sağlayıcısı NATS yapay zeka ve makine öğrenmesini kullanarak trafik hacmini arttırmayı, hava koşullarını ölçmeyi ve pist çıkış noktaları gibi yerlerde emniyeti arttırmayı amaçlamıştır. Ayrıca Heathrow Havalimanı'nda özel olarak yapılan Dijital Kule Laboratuvarı'nda, ultra HD 4K kameraların yanı sıra son teknoloji yapay zeka ve makine öğrenmesi teknolojilerinin bir kombinasyonunun havalimanı performansının iyileştirilmesini sağlayacağı bir proje yürütmektedirler (Grobotek, 2019).

Tek Avrupa Hava Sahası politikasında öngörülen hedeflere ulaşmada AUS tabanlı trafik yönetim sistemlerinin kullanılması özellikle sınır ötesi hava sahasının yönetilmesinde büyük fayda sağlamaktadır. Hava trafik kontrol alanında AUS desteğiyle yürütülen bazı büyük teknolojiler aşağıda yer almaktadır (Giannopoulos, Mitsakis, & Salanova, 2012);

- Avrupa için Birleşik Hava Trafik Yönetimi (SESAR)
- Havada Ayırıştırma Sağlama Sistemi (ASAS);
- Yerden ve havadan gözetleme uygulamaları (Ground and Airborne Surveillance, GS-AS)
- Otomatik Bağımlı Gözetim – Yayın (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast, ADS-B)

4.1.1. Avrupa için birleşik hava trafik yönetimi (SESAR)

SESAR, AB'nin “Tek Avrupa Gökyüzü” politikasının teknolojik ayağı ve Avrupa Komisyonu'nun “Sürdürülebilir ve Akıllı Hareketlilik Stratejisi'nin” önemli bir bileşenidir. SESAR, Avrupa'da hava trafik yönetimini dönüştürmek için teknolojiler tanımlar, geliştirir ve uygular. İlk SESAR Ortak Girişiminin çalışmaları sonucunda SESAR 3 Ortak Girişimi (SESAR 3JU) ortaya çıkmıştır. SESAR 3JU hava trafik alanındaki Dijital Avrupa Gökyüzü projesi kapsamındaki dijital dönüşümün gerçekleştirilmesi için araştırmalar ve yenilikler yapılması için kurulmuş bir Avrupa kurumsal kamu-özel ortaklığıdır (SESAR JU, 2022).

ABD’de NextGen Avrupa’da SESAR projeleri, yeni teknolojiler geliştirerek hava trafik yönetimini modernize etmektedir. Spesifik olarak, bu modernizasyon çabaları, radar ve sesli iletişim kullanan yer tabanlı bir hava trafik yönetimi sisteminden uydu tabanlı navigasyon ve dijital veri iletişimini kullanan entegre bir hava-kara havacılığı ve hava trafik yönetimi sistemine geçişi mümkün kılmıştır. Hem AB’nin hem de ABD’nin hava trafik performanslarını iyileştirmek aynı zamanda artan kapasite için beklenen talepleri karşılamak ve en yüksek emniyet seviyelerini korumak için Avrupa Birliği ve ABD arasında yapılan bir anlaşma ile NextGen ve SESAR arasında bir uyumlaştırma çalışması başlamıştır. Çünkü hava sahası kullanıcılarının bu modernizasyon girişimlerinden tam olarak yararlanabilmesi için ABD ve Avrupa’da kurulan sistemlerin uyumlu bir şekilde birlikte çalışabilmesi gerekmektedir. Böylece her iki bölgedeki hava trafik yönetimi için gerekli navigasyon, iletişim ve konum bildirme ekipmanları aynı yetenek setleriyle çalışabilecektir (FAA ve AB, 2016)

Dijital Avrupa Gökyüzü projesi ise ilk olarak SESAR Ortak Girişimi tarafından 2017’de önerilmiştir ve daha sonra 2019’da havacılık topluluğu genelindeki paydaşlar tarafından ortak olarak kabul edilen Avrupa Hava Trafik Master Planı’nda daha da detaylandırıldı. Dijital Avrupa Gökyüzü, çevresel etkiyi en aza indirirken Avrupa’nın havacılık altyapısını dönüştürmek için son teknolojiden yararlanmaktadır. Böylece gelecekte hava trafiğinin büyümesiyle ve çeşitliliğiyle ortaya çıkabilecek problemler daha verimli bir şekilde ele alınabilir. Bu dönüşüm hava trafik yönetiminde otomasyon, siber güvenli veri paylaşımı ve bağlanabilirlik düzeylerini artıracak teknolojilerin yanı sıra, altyapının sanallaştırılması ve hava trafik hizmetinin alçak ve yüksek irtifa operasyonları farketmeksizin her tür hava sahasında eksiksiz verilmesine odaklanıyor. Bu yeni teknolojik atılımlar hava trafik hizmetinin daha düzenli ve çevik olmasını sağlarken aksamalar, trafik artışı ve hava araçlarının çeşitliliği karşısında daha verimlidir (SESAR, 2020).

SESAR Ortak Girişimi’nin hazırladığı Dijital Avrupa Gökyüzü projesi raporuna göre bu projeyi gerçekleştirmek için araştırma ve inovasyon yapılması gereken bir dizi kilit alan bulunmaktadır. Bunlar; (SESAR, 2020)

- Bağlantılı ve otomatik hava trafik yönetimi: Geleceğin hava trafik yönetim sistemi, yüksek bant genişliği, düşük gecikme süreli mobil ve sabit ağlar aracılığıyla tüm paydaşlar arasında hiper bağlantı (araçtan araca, araçtan altyapıya) sağlayacaktır. Çok sayıda aktöre sahip son derece otomatik sistemler birbirleriyle sorunsuz bir şekilde etkileşime girerek sistemi bugünden daha ölçeklenebilir ve emniyetli hale getirecektir
- Hava-yer entegrasyonu ve otonom araçlar: kendi kendini yöneten teknolojiler otonom uçuşa doğru aşamalı olarak gitmektedir. Gelecekte altyapının uçağın dijital bir ikiz olarak hareket edebilmesi için araç ve altyapı arasındaki entegrasyonun artırılması beklenmektedir.
- Talep edilen kapasite ve dinamik hava sahası: Teknoloji, yoğun zamanlarda sorunsuz trafik hizmetlerini sürdürmek için talep üzerine sınır ötesi kapasite hizmetlerinin dinamik olarak yeniden yapılandırılmasını ve etkinleştirilmesini sağlayacaktır.
- Sanallaştırma ve siber güvenli veri paylaşımı: Hizmet sunumu fiziksel altyapıdan ayrılacak ve ulusal sınırlara bakılmaksızın hava trafiği ve veri hizmeti sağlayıcılarının gerektiğinde operasyonlarını güvenli bir şekilde bağlamalarına olanak tanıyacak.
- Havacılık için yapay zeka: Her geçen gün havacılık altyapısı veri-yoğun bir hal almaktadır. Makine öğrenimi, derin öğrenme ve büyük veri analitiği uygulamaları sayesinde hava trafik ortamı sürekli analiz edilip daha akıllı ve daha emniyetli bir ATM sistemi tasarlanabilecek.
- U-Space ve kentsel hava hareketliliği: U-Space, çok sayıda dron için hava sahasına güvenli, verimli ve emniyetli erişimi desteklemek için tasarlanmış işlevlerin ve özel prosedürlerin yüksek düzeyde dijitalleştirilmesine ve otomasyonuna dayanan bir dizi yeni hizmettir. Özellikle kentsel hava hareketliliğinde birçok otonom teknolojinin bir arada kullanılmasının yaratacağı problemlerin önüne geçmek U-Space projesiyle mümkün olacaktır.
- Sivil/askeri iş birliği ve koordinasyon: İletişim, navigasyon ve gözetleme gibi hem askeri hem de sivil kullanımlı teknolojiler ve gerçek zamanlı yörünge bilgisi alışverişine izin veren diğer çözümler, askeri operasyonların öngörülebilirliğini ve genel ağ kapasitesini artıracaktır.

4.1.2. Havada ayırıştırma sağlama sistemi (Airborne Seperation Assurance System-ASAS)

ASAS sistemi pilotun uçağı bir veya daha fazla uçaktan ayırmasını sağlayan ve çevredeki trafik ile ilgili uçuş bilgilerini aktaran bir uçak sistemidir. ASAS vb. projeler artan hava sahası kapasitesini ve azaltılmış tıkanıklığı hedeflemektedir. Trafik yoğunluğunun artmasıyla hava trafik kontrolörlerinin iş yükü de artmaktadır. Bu iş yükünü azaltmak amacıyla uçak ayırma görevini pilota devretmek bir çözüm olabilir.

ASAS'ın faydalarından birincisi emniyettir. Çevresel trafiğin daha iyi anlaşılması kokpitteki durumsal farkındalığı artırır. Böylece hava trafik kontrolörleri ve pilotlar arasındaki iş birliği de artar. Çarpışma ihtimalinin önceden belirlenmesi sayesinde emniyet artar. Otonom çalışma modları çakışmaların zamanında ve emniyetli bir biçimde çözülmesine rehberlik eder.

ASAS kapasiteyi ve uçuş verimliliğini artırır. Hava trafik kontrolörlerinin iş yükünü azaltır. Örneğin geliştirilmiş pilot farkındalığı ile trafik yoğunluğu nedeniyle reddedilecek bir uçuş planının talep edilmesi önlenir. Kapasite ve uçuş verimliliği sonucunda azalan gecikmeler maliyetleri de düşürebilir. Ayrıca uçuş sürelerinin azaltılması ve optimum tırmanma ve alçalma profillerinin kullanılması, uçak egzoz emisyonlarının ve gürültüsünün azalmasına neden olabilir (Skybrary, 2022).

4.1.3. Yerden ve havadan gözetleme uygulamaları (Ground and Airborne Surveillance, GS-AS)

Öngörülemeyen durumlar için durumsal farkındalığı arttırmak gerekir. Bunun için de karadan ve havadan gözetleme için 12 tane uygulama geliştirilmiştir (Skybrary, 2022). Bu uygulamalar Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. *ASAS'ın yerden ve havadan gözetleme uygulamaları (EUROCONTROL, 2002)*

Yerden gözetleme uygulamaları	Havadan gözetleme uygulamaları
Yol boyu hava sahası için ATC gözetimi (ADS-B-ACC)	Havaalanı yüzeyinde gelişmiş trafik durumsal farkındalık (ATSA-SURF)
Terminal alanlarında ATC gözetimi (ADS-B-TMA)	Uçuş operasyonları sırasında gelişmiş trafik durumsal farkındalık (ATSA-AIRB)
Radar olmayan alanlarda ATC gözetimi (ADS-B-NRA)	Görmek ve kaçınmak için gelişmiş görsel kazanım (ATSA-S&A)
Havaalanı yüzey gözetimi (ADS-B-APT)	Gelişmiş ardışık görsel yaklaşımlar (ATSA-SVA)
Yer araçları için uçaktan türetilen veriler (ADS-B-ADD)	Gelişmiş sıralama ve birleştirme işlemleri (ASPA-S&M)
	Okyanus hava sahasında In-trail prosedürü (ASPA-ITP)
	Gelişmiş geçiş işlemleri (ASPA-C&P)

Havadan gözetleme uygulamaları, havada ve havalimanı yüzeyinde hava trafik kontrolörü gözetimini iyileştirmeyi ve uçaktan türetilen verilerin sağlanması yoluyla hava trafik kontrol araçlarını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Radar olmayan alanlarda da desteklenebilecek ATC ayırma hizmetinin sağlanması beklenmektedir. Yerden gözetleme uygulamaları da yerdeki durumsal farkındalığı arttırmakta ve herhangi bir çakışma durumunda ayrımları yapmaktadır (EUROCONTROL, 2002).

4.1.4.Otomatik bağımlı gözetim – yayın (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast, ADS-B)

ADS-B; uçak, havaalanı araçları ve diğer nesnelerin, uygun olan bir veri bağlantısı yoluyla bir yayın modunda kimlik, konum ve ek veriler gibi verileri otomatik olarak iletebildiği ve/veya alabildiği bir araçtır. Her yerde kesintisiz gözetim sağlar (ICAO, 2016).

ADS-B, Kuzey Atlantik'in her iki yakasında ve başka yerlerde geleceğin hava trafik ağının önemli bir etkinleştiricisi olarak görülmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik,

güvenlik, kapasite, verimlilik dahil olmak üzere Tek Avrupa Gökyüzü ve NextGen performans hedeflerine ulaşılması için hayati önem taşımaktadır (EUROCONTROL, 2022).

4.2.Havalimanı Kara Tarafında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı

Akıllı ulaşım sistemleri gibi teknolojiler havalimanlarında kullanılmadan önce havalimanları teknolojik olarak farklı dönemlerden geçmiştir. Bu dönemlere aşağıda yer verilmiştir; (Halpern vd., 2021) (Blondel, Zintel, & Suzuki, 2015)

Havalimanı 1.0 Analog Dönem: Çoğunlukla bilgisayar kullanmadan manuel işlemler yapılan ve verilerin elde edilip işlenmesi için geçen sürenin gecikmelere yol açtığı dönem.

Havalimanı 2.0 Sayısallaştırma Dönemi: Check-in, güvenlik kontrolü, yolcu bilgileri ve yol bulma için bir miktar dijital teknolojilerin kullanıldığı dönem. Elektronik verileri yakalamak daha kolaydır ve karar verme aşamalarında kullanılır. Bu veriler paydaşlarla da paylaşılır.

Havalimanı 3.0 Dijitalleşme Dönemi: Dijital teknolojiler yoğun olarak kullanılmaktadır. Havalimanlarının temel işlevlerin ötesine geçip teknolojiyle değer kattıkları bir dönemdir. E-ticareti de içeren bu dönemde self check-in ve bagaj teslimi, mobil biniş kart tarayıcıları, tüm vücut güvenlik tarayıcıları gibi teknolojiler kullanılır. Elektronik veriler daha kolay bir şekilde toplanır ve kapsamlı bir şekilde paydaşlarla paylaşılır. Böylece gecikmelere mahal vermeden hızlı bir şekilde karar alınır. Ayrıca bagaj işlemlerini kolaylaştırmak için havalimanları, yer hizmetleri ve havayolları birbirleriyle bağlantılıdır.

Havalimanı 4.0 Dijital Dönüşüm Dönemi: Akıllı veri sistemleri kullanılarak gerçek zamanlı verilerle değer yaratılır. İlgili birimlerle paylaşılmak üzere terminale giren yolcu sayıları ve canlı kuyruk süreleri gibi bilgiler elde edilir. Böylece havalimanı sistemleri ve süreçleri havalimanının tüm dijital ekosisteme entegre edilebilir.

4.2.1. Havalimanına erişim yollarında akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı

Havalimanlarının kentlerin giriş ve çıkış noktaların niteliğinde olması sebebiyle hem yük hem de yolcuların toplanma ve dağılma yapmasını kolaylaştıran tüm ulaşım sistemlerinin havalimanına yönlendirilmiş olması gerekmektedir (Aktuğlu Aktan, 2006). Uzun yıllardır ulaşım planlayıcıları ve havalimanı operatörleri, havalimanlarına bölgesel erişim ve havalimanlarında iç sirkülasyon sağlayan karayollarındaki trafik hacimlerini azaltmak için havayolu yolcuları ve havalimanı çalışanları tarafından verimli erişim modlarının kullanımını teşvik etmeye çalıştılar. Bazı topluluklardaki ulaşım planları, havaalanına demiryolu hizmeti sağlamayı vurgularken, diğer topluluklar otobüs ve minibüs hizmetini vurgulamıştır (Mansel & Coogan, 2000). Havalimanı erişim sorunlarını çözmek için ulaşım endüstrisini ve havacılık sektörü teknolojilerini birleştiren 6 gelişme aşağıda yer almaktadır (TCRP, 2000);

Gelişmiş Yolcu Bilgilendirme Sistemleri (Applicability To Airport Ground Access-ATIS): Yolcuların doğru zamanda havalimanında olmaları için gereken en önemli konu toplu taşıma seçenekleri hakkında bilgi sahibi olmaktır. ATIS 3 fazdan oluşmaktadır. Bunlar; seyahat planlaması esnasında, yolculuk başlangıcında ve yoldayken. Uçak biletleri genellikle seyahat başlangıcından birkaç gün önce rezerve edildiğinden, seyahat planlaması esnasında kullanıcıya genellikle rotalar, programlar ve maliyetler hakkında statik bilgilerin sağlanması gerekir. Bu aşamaya ilişkin bilgiler genellikle kullanıcıya havayolları ve seyahat acenteleri tarafından sağlanır. Yolcular seyahate başlamaya hazırlanırken seyahate etki edecek koşulları öğrenmek isterler. Seyahat planlaması sırasında rota ve program verilerine ihtiyaç duyulurken, seyahatin başlangıcında gerçek zamanlı veya dinamik bilgilere ihtiyaç duyulur. Bu aşamada, kazalar veya beklenen seyahat süresindeki olağandışı değişiklikler hakkında bilgi kullanıcıya sunulur. Örneğin, Boston'daki kötü bir trafik sıkışıklığı hakkında bilgi, kullanıcıyı Boston-Logan Havalimanı'na erişmek için Sumner Tüneli'nden geçmek yerine hızlı transit kullanmaya ikna edebilir. Queens Midtown Tüneli'ndeki bir kaza haberi, JFK Havalimanı'na taksiye binmeyi bekleyen Manhattanlı bir gezgin için değerli olabilir ve sonrasında Jamaika İstasyonu'na giden trene binmeyi seçebilir. Bu aşama için bilgiler genellikle radyo, telefon ve internet aracılığıyla bölgesel bilgi sağlayıcılar tarafından sağlanır. Yolculuk

esnasında ise yolcuların yol boyunca bilgiye ihtiyaçları vardır. Bu noktada hareket dakikalarına göre yolcuyu belirli bir kapıya ya da platforma götürecek spesifik ve doğru bilgilere ihtiyaç duyulur. Burada terminal yönetiminin rolü büyüktür. Bağlantı modları hakkında bilgi arayan yolcuların toplu taşımaların zamanlaması ve konumu hakkında dinamik ve gerçek zamanlı bilgiler sunması gerekir. Bu aşamaya ilişkin bilgiler genellikle terminal operatörleri ve ulaşım hizmetleri sağlayıcıları tarafından sağlanır.

Sürüş Eşleştirme Teknolojisi: Havalimanı yöneticileri ve bölgesel ulaşım planlamacıları için önemli bir hedef, havalimanına gidiş gelişte araç doluluğunu artırmaktır. Dünyanın dört bir yanındaki havalimanı yöneticileri ve toplu taşıma acenteleri, seyahatleri “eşleştirmek”, tek bir araçtaki yolcu sayısını ve sonucunda verimliliği artırmak için birçok strateji izlemiştir. Taksi doluluk oranlarını artırmaya yönelik iyi örnekler Linz, Avusturya ve Hollanda genelinde mevcuttur. Linz’de toplu taşıma operatörleri, gece geç saatlerde otobüslerin çalışmasının oldukça verimsiz olduğunu, ancak hizmet için bu talebin mevcut olduğunu tespit etti. Transit acentesi, otobüs güzergahına saat 20.00’den gece yarısına kadar her 30 dakikada bir ve gece yarısından sabah 4’e kadar her saat başı hizmet verecek taksiler sağlar. Yolcular, otobüs ücretinin yüzde 150’sini ödemeli ve hizmeti, istenen karşılama saatinden en az 30 dakika önce talep etmelidir. Transit acentesi, programın işletilmesinden yılda önemli miktarda sübvansiyon tasarrufu sağladığını tahmin etmektedir. Sabit rota ve tarifeli hizmetlerin yerini alacak benzer paylaşımlı taksi operasyonları Fransa’da (La Rochelle ve Saint-Bieuc’ta) ve Almanya’da (Tübingen) mevcuttur.

Gelişmekte olan otobüs teknolojileri: Özellikle bagajını yanında taşıyan yolcuların toplu taşıma araçlarını daha kolay kullanabilmelerini sağlayacak basamaksız ve bagaj bölmeleri olan otobüslerin kullanımı oldukça önemlidir. İlk önce tren sistemlerinde kullanılan kaldırım seviyesindeki basamaksız platformlar daha sonra otobüslerde de kullanılmıştır. Bunun dışında otobüs bekleme yerlerindeki platformlara turnikeli ödemem sistemlerinin kurulmasıyla yolcuların otobüslere hem ön hem de arka kapılardan binmesi sağlanmıştır (TCRP, 2000). ABD’de bulunan Kansas City Uluslararası Havalimanı elektrikli otobüsler için kablosuz şarj cihazlarına yatırım yapmaya başlamıştır. Böylece ABD’de elektrikli otobüs filosu için kablosuz şarj sistemi kullanan ilk havalimanı

olmuştur. Elektrikli otobüsler yolcuları beklerken endüktif şarj pedlerinin üzerine park etmektedir ve yer içi pedlerin üzerine park edildiğinde otomatik olarak şarj olmaktadır. Bu kablosuz sistem ile şarj işlemi tamamen otomatiktir ve sürücü tarafından çok az etkileşim gerektirir. Yolcular yükleme ve boşaltma yaparken şarj gerçekleşir; otobüs pedden ayrıldığında her şarj seansı otomatik olarak sona erer. Bu sayede otobüslerin şarj edilmesi için durması gerekmemekte ve daha hızlı hizmet vermeleri sağlanmaktadır (Sustainable Bus, 2022).

Gelişmekte olan raylı sistem teknolojileri: Demiryollarının hava taşımacılığı endüstrisindeki rolü genellikle havalimanlarına erişimin sağlanması ile sınırlıdır. Bununla birlikte, yüksek hızlı demiryolu ağlarının gelişimi ve hava taşımacılığı endüstrisinin karşılaştığı tıkanıklık ve çevresel sorunlar, orta mesafeli yolculuklar için entegre bir taşımacılık hizmeti sağlamak için havayolları ile birlikte çalışmakta demiryollarının daha büyük bir role sahip olabileceğini düşündürmektedir (Givoni & Banister, 2007). Binlerce arabanın çevredeki karayolu güzergahlarından kaldırılması, karbon emisyonlarını ve gürültü kirliliğini azaltır ve bu nedenle, entegre demiryolu bağlantıları genellikle uluslararası hava merkezlerinde çevre yönetimi stratejilerinin önemli bir bileşenini oluşturur. Etkili havalimanı demiryolu projeleri düşünüldüğünde entegrasyon çok önemlidir. Günümüzün havalimanı inşaat ve genişletme projelerinin çoğu için, havalimanı tasarımlarına demiryolu bağlantıları kurmak önemli bir önceliktir. Dünyanın en önde gelen havalimanı demiryolu bağlantılarından biri olan Heathrow Express, asansör veya yürüyen merdivenle kolayca erişilebilen check-in alanlarının altında sonlanan demiryolu bağlantıları ile check-in alanlarına erişim kolaylığına öncelik veriyor (Lo, 2011). Son yıllarda raylı sistemlerde yaşanan en umut vaat edici gelişme “Manyetik Levitasyonlu Tren” kısaca “Maglev” trenidir. Maglev'de, süper iletken mıknatıslar, bir tren vagonunu U-şekilli bir beton rayın üzerinde asılı tutar. Sıradan mıknatıslar gibi, bu mıknatıslar da eşleşen kutuplar karşı karşıya geldiğinde birbirini iter ve tren böylece hareket eder (Whyte, 2016). Şanghay Maglev Treni dünyadaki ilk ticari maglev hattıdır. Hat, Şanghay Metro Hattı 2 üzerindeki Longyang Yolu İstasyonu ile Pudong Uluslararası Havaalanı arasında çalışır. Yolculuk 30 km'lik (19 mil) mesafeyi en fazla 8 dakikada alır.

Yolculuk sırasında 431 km/sa (268 mph) hıza ulaşabilir. 2003 yılında ticari kullanımda dünyanın en hızlı treni olarak Guinness Rekorları tarafından tescil edildi (Pang, 2021).

Otomatikleştirilmiş insan taşıma teknolojileri: Otomatik insan taşıma teknolojisi, birçok havalimanında bölgesel havalimanı yer erişiminden ziyade iç sirkülasyon için kullanılmaktadır. Bu dahili sistemler, yolcuları bağlantı tesislerine taşımak için kullanılır. Havaalanı içi insan taşıyıcıları, yolcuları kara taşımacılığı hizmetlerine bağlamaya yardımcı olmak için çeşitli havaalanlarında kullanılmaktadır. San Francisco Havalimanı'ndaki BART (The Bay Area Rapid Transit- BART) adlı insan taşımacılığı sistemi, öncelikle havalimanı mülküne uzakta olan park ve kiralık araç tesislerini birbirine bağlayan bir dahili sirkülasyon sistemi olarak hizmet etmektedir (TCRP, 2000).

Tesis dışında check-in yapabilmek için alternatif stratejiler: Amsterdam Schipol Havalimanı, Zürih, Cenevre, Londra Gatwick ve Hong Kong Havalimanları'nda terminal binası dışında check-in hizmetleri mevcuttur (TCRP, 2000). 2019 yılında Brüksel'de düzenlenen Tomorrowland müzik festivalinde Brüksel Havayolları tarafından bagaj teslim bölgeleri açılmıştır. Yolcular ve havayolu şirketi arasında bir kazan-kazan durumu olarak tanımlanan bu uygulama hem yolcuların çok erken saatte havalimanına gelmelerine gerek kalmadan gezilerinin tadını çıkarmalarını sağlamış hem de havayolunu büyük bir bagaj yüküyle uğraşmaktan kurtarmıştır. Bagaj bırakma süreci 5 aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, acenteler misafirleri karşılar ve yolcunun geçerli bir biniş kartı olup olmadığını kontrol eder. Misafirlerin biniş kartları ile bagajları Yer İşletmeleri Mobil Uygulaması (GOMA) ile teslim alınmakta ve üçüncü adımda çantalar güvenli bölgeye gönderilmektedir. Bu noktadan itibaren güvenlik personeli süreci aynen havaalanındaki gibi izler. Çantalar, Brüksel Havalimanı'ndaki güvenli bölgeye gelene kadar mühürlü bir kamyonla giderler. Tüm çantalar güvenli bölgeye girdikleri andan itibaren izlenebilir. Kamyon Brüksel Havalimanı'na vardığında, güvenlik görevlilerinin gözetiminde kamyonun mührü kırılır. Havalimanı personeli, bagajı kamyonun indirir ve transfer bantları üzerinde havalimanı bagaj taşıma sistemine dahil eder (Andries & Buys, 2019).

4.2.2. Yolcu terminalinde akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı

2021 yılında Prag'da düzenlenen 33. IATA Yer Hizmetleri Konferansı'nda gündemde COVID-19 gibi havacılık sektörünü büyük çapta etkileyen bir konu olmasına rağmen üstünde en çok durulan diğer bir konu yer hizmetlerinde dijitalleşme oldu. IATA'nın Yer Operasyonları Direktörü Monika Mejstrikova COVID-19 sonrasındaki toparlanmada dijitalleşme ve modernizasyonun kritik bir öneme sahip olduğunu belirtti. CEDAR (Connected Ecological Digital Autonomous Ramp) projesinin emniyeti ve verimliliği arttırmak için verilerden yararlanmasının yer hizmetleri endüstrisi için çok önemli olduğu da vurguladı (IATA, 2021). CEDAR projesi Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) ile iş birliği içinde yürütülen Seyahat ve Teknolojilerde Yeni Deneyim (NEXT- New Experience in Travel and Technologies) adlı girişimin bir parçası olarak kara taşımacılığı deneyimini geliştirmek, endüstri yatırımlarına rehberlik etmek ve hükümetlerin düzenleyici yapılarını iyileştirmelerine yardımcı olmak için ortak bir vizyon geliştirmek amacıyla başlatılmıştır. Yolcu talebinin artmasıyla yeni teknolojiler sayesinde daha akıllı ve etkili yollar kullanılarak kapasiteden kaynaklı tıkanıklık sorunu çözüme ulaşacaktır (IATA, 2019).

Kovynyov ve Mikut (2018) , yaptıkları çalışmada dijitalleşmenin havalimanı yer operasyonlarını iyileştirmeye odaklandığını saptamışlardır. Müşteri odaklı yenilikler olarak tanımlayabileceğimiz zaman tasarrufu, iyileştirilmiş hizmet kalitesi ve şeffaflık konularındaki gelişmelerin yanı sıra yer hizmetleri şirketleri maliyetleri düşürmek amacıyla da dijitalleşmeye önem vermektedirler (Kovynyov & Mikut, 2018).

Nesnelerin interneti, varlıkların konumu ve durumu hakkında gerçek zamanlı ve çevrimiçi bilgi sağlar. Bu bilgileri insandan makineye ve makineden makine ara yüzlerine aktarır. Bu teknoloji sayesinde havalimanları pushback araçları gibi motorlu yer hizmetleri araçlarına uzaktan algılamalı sensörler kurarak konum ve performans hakkında gerçek zamanlı bilgi elde ederler. Sanal modelleme ve simülasyon sayesinde yolcu akışları konusunda doğru tahminler yapılır ve yoğun zamanlar öngörülerek gerekli kararlar alınır. Sadece terminal bölümünde değil uçuş planlamada ve pistin optimum kullanılabilmesi için de modellemeler ve simülasyonlar kullanılır (Pell & Blondel, 2018).

Hizmet robotlarıyla terminal içerisindeki temel problemlere çözüm bulunabilir. Benzersiz ve çok yönlü çözümler sunan hizmet odaklı robotlar yolculara daha verimli ve uygun seyahat deneyimi sunar. Böylece daha fazla müşteriyle iş birliği ve bağlantı kurarak havalimanı “akıllı hizmet ekolojisi” yaratabilir (Yanyan & Meng, 2020).

Türkiye’de İstanbul Havalimanı’nın tasarım aşamasında dünyanın gelişmiş birçok havalimanı ziyaret edilerek teknolojik çözümler için bilgi toplanmıştır. Terminal binasındaki problemler için VR (sanal gerçeklik), IoT (Nesnelerin İnterneti), biyometrik tarama vb. birçok farklı teknoloji kullanılmaktadır. Bu sorunlar navigasyon, sıra yönetimi, check-in, biniş vb. sorunlardır (İGA Airport, 2021).

4.2.3.Kargo terminalinde akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojisindeki hızlı gelişmelerle depolama ve lojistik alanında robotların, otonom araçların ve dronların kullanımı başlamıştır. Zamandan, yerden ve kaynaklardan tasarruf sağlayan teknolojik yöntemlere rağbet artmıştır. Havalimanı kargo terminallerinde yapılan bazı teknolojik yenilikler ise şöyledir; malzeme taşıma sistemleri ile entegre olarak çalışan randevu sistemleri sayesinde gelen müşteriler uygun sıralara göre antrepolara gelecek ve bekleme süreleri kısılacaktır. Dronların kargo arama ve tanımlama potansiyelleri sayesinde insan gücü maliyeti büyük ölçüde düşecektir. İnsanların üzerine giyebildikleri biyonik iskeletler sayesinde insanlar 25 kg’lık ağırlıkları vücutlarında hiç baskı hissetmeden kaldırabilirler (Waters, 2019). Frankfurt Havalimanları CargoCitySouth’taki Akıllı Hava Kargo Römorku araştırma projesinin amacı ise, hava kargo gönderilerini, nakliye şirketi ile hava nakliyecisi arasındaki talep doğrultusunda otonom olarak taşımaktır. Akıllı römorklarda bulunan kamera sistemleri ilgili yükleme verilerini üretecektir. Bir palet üzerindeki birkaç paketi aynı anda yakalamak ve yükleme işlemi sırasında kısmen kapalı olsalar bile barkodlarını okumak için tasarlanmıştır. Römork tamamen yüklüyse veya zaman açısından kritik bir sevkiyata sahipse, sistem nesnelerin internetini kullanıp otomatik olarak bir traktör talep eder. Paydaşlar bir akıllı telefon, tablet veya bilgisayardaki tüm verilere bulut üzerinden erişebilir (Smart Air Cargo Trailer, 2018).

Dünya'daki büyük ULD (Unit Load Device) üreticilerinden biri olan Unilode 2022 yılında 104.699 ULD'yi Bluetooth etiketleriyle donatmıştır. Bluetooth etiketlerinin çoklu sensör teknolojisi, konum, sıcaklık, nem ve ışık gibi parametrelerin izlenmesini sağlamaktadır. Böylece özellikle ilaç, çabuk bozulan, değerli eşyalar, hassas ve kırılğan kargolar için müşterilerinin hava kargo tedarik zincirinde uçtan uca şeffaflık oluşturmaya ve en kritik gönderiler üzerinde daha iyi kontrol sahibi olmasına yardımcı oluyor (UNILODE, 2022). Otonom teknolojilerin farklı şekillerde kullanılmaya başlandığı Heathrow Havalimanı'nda da bagaj ve kargo taşınması için sürücüsüz dolly kullanımına da başlanmıştır. Dolly'leri çekmek için manuel olarak kullanılan römorklar yerine sürücüsüz dollylerin kullanımının operasyonel verimliliği artırması beklenmektedir (Mackay, 2019).

Hava kargo faaliyetlerinin dijitalleştiren diğer bir gelişme ise E-Freight uygulamasıdır. E-Freight taşıyıcılar, nakliye komisyoncuları, yer hizmet sağlayıcıları, nakliyeciler, gümrük komisyoncuları ve gümrük makamlarını içeren sektör çapında bir girişimdir. Elektronik mesajlar ve yüksek veri kalitesi aracılığıyla hava kargosu için uçtan uca kağıtsız bir taşıma süreci oluşturmayı amaçlamaktadır (IATA, 2022). Turkish Kargo tarafından da kullanılan E-Freight uygulaması sayesinde elektronik konşimento sistemine geçiş yapılmıştır böylece gümrük, taşıma ve diğer ticari ve özel belgeler tamamen dijital hale gelmiştir (Turkish Cargo, 2022), (IATA, 2022)

4.3. Havalimanı Hava Tarafında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı

Hava araçları yer trafiğinin bir parçasıdır ve hava araçlarının yollarının yer araçlarıyla kesiştiği güzergahlar vardır. Yer trafik kontrolörleri hem hava şartları izin verdiği ölçüde görsel kontrol yaparak hem de telsiz vasıtasıyla hava aracı ve yer aracı kullanıcıları arasında bilgi alışverişini sağlayarak araçların çarpışmasını ya da oluşabilecek olumsuz durumları engellemeye çalışırlar. Yer trafik kontrolörlerin en büyük yardımcısı yer hareket radarıdır (Surface Movement Radar, SMR). Teknolojinin gelişmesiyle havalimanlarında otomatik kontrol sistemleri kullanılması önem kazanmıştır. Otomatik kontrol sistemi oluşturmada karşılaşılan ilk problem konum ve hareket parametreleri hakkında doğru bir veri elde etmektir. SMR ye kıyasla denetleyicinin kontrolünü önemli ölçüde genişleten A-SMGCS sistemi (Advanced

Surface Movement Guidance and Control System) sayesinde daha doğru veri elde edilmektedir. A-SMGCS pistlerde, taksi yollarında ve apronda otomatik kontrol işlevini belli bir noktaya kadar yerine getirebilmektedir. İki uçağın ya da yer aracıyla uçağın çarpışma ihtimalinde A-SMGCS sinyal vererek kontrolörü uyarır (Carotenuto, Jakobi, & Verbeek, 2005). Ancak gelecekte havalimanlarındaki yer araçlarının tamamen insansız olması ve süreçlerin merkezi kontrolünün yapay zekalı bilgisayar programlarında olacağı öngörülmektedir. Otomatik kontrol sistemlerinin en güvenilir yöntemlerinden birisi olan “Dijital İkiz” kavramı gelecekteki otonom cihazların ilk adımlarından birisi olarak nitelendirilebilir (Saifutdinov & Tolujevs, 2021). Dijital ikiz teknolojisinin havacılık alanında ilk kullanımı tamamen teknik konulardaydı. Hava araçlarının gövde ya da motor durumunu göstermek amacıyla kullanılırdı. Günümüzde yer araçlarıyla hava araçlarının çarpışmasını önleme, araçların konumu ve durumu hakkında bilgi alma gibi amaçlarla da kullanılmaktadır (Saifutdinov & Tolujevs, 2021). Havalimanlarında dijital ikiz kullanılan durumlar şu şekilde sıralanabilir; bütünsel havaalanı görünümü, paydaş görselleştirme, altyapı planlaması, yer operasyonlarını görselleştirme, acil durum senaryolarının simülasyonu vb (Sulmona, 2021).

4.3.1. Pist ve taksi yollarında akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı

Hem Türkiye’deki hem de diğer ülkelerdeki büyük havalimanlarına ait pist ve taksi yollarında farklı akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. İstanbul Havalimanı’nda “akıllı” aydınlatma, pist gözetleme ve uçak takip sistemleri kullanılarak pist emniyeti ve durumsal farkındalık arttırılmaktadır (İGA Airport, 2021).

ICAO ve EUROCONTROL havalimanı hareket alanlarındaki (pist, taksi yolu ve apron) yer trafiğinin emniyetini ve verimliliğini sağlamak A-SMGCS’i tasarladı. A-SMGCS düşük maliyetli bir araç navigasyon sistemidir. Yerel bölge havalimanı ağı içinde yer araçlarını optimize etmek için Wi-Fi, TETRA, CDMA and WiMAX gibi bilinen iletişim ağını kullanmaktadır (Medvedev, Alomar, & Augustyn, 2017).

Yer operasyonlarını güçlendirmek için birçok proje ve çalışma vardır. Bunların en önemlilerine Gonzalez vd., (2013) tarafından yapılan çalışmada yer verilmiştir. Çalışmada bahsi geçen sistemlerin verimlilik, çevre, kapasite, emniyet ve tahminleme

gibi birçok konuda katkıları vardır. Bu yer operasyonları destek sistemleri şu şekildedir; (Gonzalez vd., 2013)

Havalimanı Ortaklaşa Karar Verme Sistemi (Airport Collaborative Decision Making-A-CDM): A-CDM gerçek zamanlı olarak bilgi paylaşımına olanak tanıyan bir sistemdir. Paydaşlardan gelen anlık bilgi akışı sayesinde kapı çakışması, kalkış öncesi sıralama ve taksi rotasına kadar birçok faktörün yönetilmesi sağlanıyor. Böylece pist, taksi yolu ve aprondaki olası çakışmalar tespit ve analiz edebiliyor.

Kule Yüzey Yönetim Sistemi (TSMS) Tower Surface Management System (TSMS): Işıklandırmaları kontrol ederek kafa karıştırıcı durumları engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Trafik durumunu gözlemleyerek park alanına ya da piste doğru özel bir ışık yolu oluşturarak yer manevralarını kolaylaştırır, pist ihlallerini büyük oranda azaltır ve pilotların durumsal farkındalıklarını artırır.

Taxibot: Yarı robotik bir push back aracı olan Taxibot gelişmiş bir iletişim sistemi kullanır. Böylece yer ile kokpit arasındaki koordinasyonu sağlar. Pist ihlallerini azaltır ve emniyeti artırır.

4.3.2. Apronda akıllı ulaşım sistemlerinin kullanımı

Horberry, Regan ve Toukhsat (2007), yaptıkları çalışmada Avustralya Uluslararası Havalimanında apron emniyeti verileri toplayarak ramp operasyonlarında yüksek öncelikli emniyet sorunlarına AUS'la çözüm önerileri sunmuşlardır. Bu çalışmanın sonucuna göre yakın gelecekte AUS'ın apronlarda kullanımının artması beklenmektedir. Ayrıca araştırmada apron emniyetinde en çok karşılaşılan sorunların çözümü için 3 teknoloji önerilmektedir. Bunlar; hız sınırlama sistemi, yakınlık algılama sistemi ve pist ihlali engelleme sistemleridir (Horberry, Regan, & Toukhsati, 2007).

2019 yılında Madrid'de yapılan 32. IATA Yer Hizmetleri Konferansı'nda yer hizmetlerinde üç temel öncelik üzerinde durulmuştur. Bunlar; emniyeti birinci sıraya koymaya devam etmek, küresel standartlara uymak ve süreçlerde ve yeniliklerde modernizasyonu hızlandırmak. IATA Kıdemli Başkan Yardımcısı Nick Careen yer hizmetlerinde emniyeti artırmanın en önemli yollarından birisinin eğitimi modernize etmek olduğunu ve en yeni teknolojilerden biri olan sanal gerçekliği (RampVR) bu amaç

için kullanmaya başladıklarını belirtmiştir. Konferansta gelecekteki apron vizyonu CEDAR (Connected Ecological Digital Autonomous Ramp) projesi adı altında anlatılmıştır. CEDAR 3 alana odaklanmıştır; (IATA, 2019).

- Uçak evrim sürelerinin dijitalleştirilmesi
- Yer destek ekipmanları ve süreçlerinin modernizasyonu
- Gelişmiş park pozisyonu tasarımları

Akıllı ulaşım sistemleri arasında en dikkat çekici teknolojilerden birisi olan otonom araçlar hava tarafındaki uçaklara ve diğerk araçlara verilecek hasarların önüne geçerek bu hasarlardan kaynaklanacak maliyetleri düşürme potansiyeline sahiptir. Bazı havayolu şirketleriyle ortaklaşa alışan Heathrow havalimanı yapay zeka ve makine öğrenmesi teknolojilerini kullanarak aprondaki yabancı cisimleri kameralarla tespit edip emniyeti arttırmaktadır. Sensörler sayesinde dış ortamı izleyen ve ana bilgisayara aktaran bu sistemler insan faktörünü önemli ölçüde azaltmaktadır (ACI, 2019). Dünya'daki birçok büyük havalimanı apronunda farklı akıllı ulaşım sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Örneğın;



Görsel 4.1. Apronda kullanılan bir otonom araç (Bourne, 2018)

Görsel 4.1'de yer alan otonom araçlar Kanada'da bulunan Edmonton Uluslararası Havalimanı'nda kullanılmaya başlanmış olup hayvanları ve insanları tanıyabilmekte ve aynı zamanda navigasyon, yol planlama ve engellerden kaçınma gibi işlevleri de yerine getirebilmektedir. Hava tarafının sınırlarında devriye gezen bu araçlar havalimanını çevreleyen itlerdeki hasarları algılayabilmekte ve ilgili birimlere bildirim yapmaktadır. Bu sayede hem güvenlik hem de emniyetin sağlanması katkıda bulunmaktadır. Araç

insanlar tarafından dijital ikiz teknolojisiyle uzaktan kontrol edilebildiği gibi makine öğrenmesi sayesinde otonom olarak da hareket edebilmektedir (Bourne, 2018).

2018 yılında Norveç'te bulunan Fagernes Havalimanı'nda ilk kez otonom kar küreme araçları denemeleri yapılmıştır. Daha sonra Norveç'teki diğer havalimanlarında da kullanılmaya başlanan bu araçlarla hem operasyonel verimliliğin artırılması hem de gecikmelerin azaltılması beklenmektedir (Allen, 2018). Ayrıca 2019 yılında Kuzey Amerika'da bulunan Winnipeg Richardson Uluslararası Havalimanı'nda da benzer şekilde otonom olarak çalışan kar küreme araçları kullanılmaya başlanmıştır. Daha önceden aracın bilgisayarına yüklenen rotayı otomatik olarak takip eden araç öncelikle havalimanının düşük riskli bölgelerinde kullanılmaya başlanmış olup zaman içerisinde tüm hava tarafının tüm bölgelerinde kullanılması planlanmaktadır. 3D LIDAR ve radar teknolojileriyle donatılmış olan araç emniyeti tehdit etmesi ihtimaline karşı kablosuz acil durdurma sistemine de sahiptir (Winnipeg Airports Authority, 2019).



Görsel 4.2. *Winnipeg Richardson Uluslararası Havalimanı'nda kullanılan otonom kar küreme aracı (Winnipeg Airports Authority, 2019)*

Hava tarafında akıllı araçları en kapsamlı şekilde kullanana havalimanlarından birisi de Londra'daki Heathrow Havalimanı'dır. Akıllı uçak park alanlarına sahip olan havalimanında bazı park pozisyonlarında FOD radarı ve otomatik körük iskelesi bulunmakta ayrıca kameralar sayesinde gecikmeye neden olabilecek olayları algılayıp bildirim vermektedir. Yapay zeka sayesinde uçak çevrimi sırasındaki görüntüleri daha önce sisteme yüklenen görüntülerle karşılaştırmakta ve kullanıcılara akıllı saatler aracılığıyla bildirim göndermektedir (ACI, 2019), (Frangoul, 2019).

5. HAVACILIKTA EMNİYET

5.1. Havacılıkta Emniyet, Tehlike ve Risk İlişkisi

Hava emniyetinin iyileştirilmesi, havayolu endüstrisi için her zaman birinci öncelik olmuştur ve kabul edilebilir bir emniyet siciline sahip olmak, bir havayolunun başarısı için önemlidir. Yıllar içinde makinelerin ve bilgisayarların güvenilirliğinde çarpıcı bir artış olurken, insanların ve emniyet sistemlerinin güvenilirliği aynı hızda gelişmedi. Sonuç olarak, insan hatası ve sistemsel kusurlar, çoğu havacılık kazasının ana nedeni haline geldi (Liou, Yen, & Tzeng, 2008). Önceleri havacılıkta yaşanan kazaların temel sebepleri genel olarak teknik faktörler olarak görülürken havacılığın gelişmesiyle teknik faktörlerin yerini insan faktörleri ve örgütsel faktörler almıştır (Ustaömer & Şengür, 2020).

Emniyet kavramını incelerken karşımıza en çok çıkan diğer bir kavram ise risktir. Risk kavramının tanımı üzerinde ortak bir kanı yoktur. Bazı kaynaklarda olasılık, şans veya beklenen değerlere, bazıları istenmeyen olaylar veya tehlikelere, bazıları ise belirsizliklere dayanmaktadır (Aven, 2012). Yani istenmeyen bir olayın olasılığı anlamına geldiği için 0 ile 1 arasında bir değer alır. Öte yandan istenmeyen bir olayın olasılığı veya sıklığı ile sonucunun bir kombinasyonu anlamına gelir (Evans, 1997).

Havacılıkta risklerin ortadan kaldırılması mümkün değildir. Şu anda mevcut olmayan bir risk daha sonra ortaya çıkabilir. Emniyetin sağlanmasıyla ilgili önemli husus risklerin türü farketmeksizin sonuçlarının ve şiddetinin kontrol edilebilmesidir (Küçük Yılmaz, 2003).

Emniyeti tanımlarken bahsi geçen diğer önemli unsur ise tehliktir. Tehlike; büyük zarar veya yok olmaya yol açma ihtimali olan durumlar şeklinde tanımlanabilir. Yani bir şeyin ya da bir kimsenin varlığına ya da durumuna karşı tehdit oluşturan etmenlerdir. Risk ve tehlikenin anlamları birbirlerine çok yakındır. Aralarındaki ilişki şu şekildedir: tehlike ve tehlikelerin olma ihtimali riskleri oluşturur. Yani riskin tanımında iki unsur önemlidir; tehlike ve olasılık (Özkılıç, 2008).

Havacılıkta ise daha çok potansiyel tehlike (hazard) olarak yer alan tehlike kavramı, bir hava aracı olayı veya kazasına neden olma veya katkıda bulunma potansiyeli olan bir durum veya nesne olarak tanımlanabilir (ICAO, 2018).

Risk ve tehlike kavramlarından sonra emniyet kavramını tanımlamak daha faydalı olacaktır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün tanımına göre emniyet; hata ve ihlallerden kaçınarak otoritelerin regülasyonlarıyla uyum içinde kaza, olay, tehlike ve bunlara yol açabilecek etkenlerden uzak ya da muaf olma durumudur (SHGM, 2012).

Emniyet, her türlü potansiyel tehlikeden uzak olma halini ya da bu tehlikelerin doğurduğu risklerin kontrol altında olduğu halleri tanımlar (Uyar, 2019).

Mutlak ve göreceli emniyet arasında bir ayrım vardır. Mutlak kavrama göre, belirli bir zarara karşı emniyet, o zararın riskinin ortadan kaldırıldığı anlamına gelir. Göreceli bir emniyet kavramına göre emniyet, riskin belirli (tolere edilebilir) bir düzeye indirilmesi veya kontrol edilmesi anlamına gelir (Möller, Hansson, & Peterson, 2006).

Havacılık emniyeti havacılıkta risk yönetiminin incelenmesi ve uygulanmasıdır. Bu, havacılık kazalarının ve olaylarının önlenmesine yönelik araştırmaların yanı sıra hava taşımacılığı personelinin, yolcuların ve genel halkın eğitimini ve ayrıca uçak ve havacılık altyapısı tasarımı kapsar. Havacılık sektöründe çok fazla düzenleme ve kontrol vardır. Havacılık emniyeti, istenmeyen aksiliklerden ziyade, havayolu yolcularını, uçakları ve altyapıyı kasıtlı kazalardan veya aksamalardan korumaya odaklanır (Nuthanapati, 2021).

Havayolu şirketleri operasyonel verimliliğin sürekli arttırılmasına öncelik verirken emniyeti de aynı oranda sağlamalıdır. Kazaların sıklıkla meydana geldiği yerlerde önlemler almak emniyetin sağlanması için atılması gereken ilk adımlardan birisidir ancak hiç kaza yaşanmaması yüksek düzeyde emniyet anlamına gelmez. Bu nedenle doğru emniyet yönetim sistemi içerisinde doğru emniyet ölçümleri yapılmalıdır (Rose, 2006).

5.2.Emniyet Yönetim Sistemi

Emniyet yönetim sistemleri kavramı 1960'lardan itibaren gelişen sistem emniyeti kavramıyla aynı dönemlerde gelişim gösteren yönetim sistemleri kavramlarının kombinasyonundan oluşmuştur. Önce kalite yönetim sistemleri biçiminde daha sonra iş

sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri, çevre yönetim sistemleri gibi farklı sistemler içerisinde anılmıştır. İlk olarak “Swedavia–McGregor” raporu olarak bilinen “1988 Sivil Havacılık Emniyeti Yönetmelikleri ile Yeni Zelanda Ulaştırma Bakanlığının Kaynakları, Yapısı ve İşlevlerinin İncelenmesi” adlı belgede çıktılar, ürünlerin, faaliyetlerin ve onları üreten sistemlerin yoğun bir şekilde denetlenmesini vurgulayan bir yaklaşım ortaya konmuştur. Bu yaklaşım emniyet yönetim sisteminin ortaya çıkmasındaki ilk adımlardan biri olarak kabul edilir. Daha sonra Avrupa Ortak Havacılık Otoritesi (JAA- şu anki adıyla EASA) ICAO’dan bağımsız olarak kaza önleme programlarıyla birleştirilecek bir kalite yönetim sistemine gerek duymuştur. Bu, SMS olarak bilinen sistemlerin özelliklerinin çoğuna sahip, birleşik, risk tabanlı bir güvence sistemi olarak ortaya çıktı. Amerika’da ise FAA, 1990’ların sonlarına doğru sistemlerin emniyeti konusuna odaklanmaya başladı. Yapılan çalışmalar Hava Taşımacılığı Gözetim Sistemi’nin (ATOS) ortaya çıkmasıyla sonuçlandı. ATOS, operasyon süreçlerini daha sistematik bir hale getiren yapıdır. Ancak ATOS, sadece FAA gözetimini kapsamaktadır. Sistem emniyetinin gerçekten sağlanması için gereken prosedürler sistem ya da süreçleri yöneten kişiler tarafından uygulanmalı ve hayata geçirilmelidir. Bunu üzerine FAA, kalite yönetim sistemleri ilkelerinin uygulanmasını araştırmaya ve ardından diğer ülkelerin SMS’te ne yaptığını bakmaya başlamıştır. 2001’de başlayan bu süreç 2006’da ilk hava operatörü SMS kılavuzu olan “AC 120-92 Hava Operatörleri için Emniyet Yönetim Sistemlerine Giriş” adlı kılavuzun yayınlanmasıyla sonuçlandı. Buna paralel olarak, Hava Trafik Organizasyonu (ATO), diğer bazı ülkelerdeki hava trafik yönetimi organizasyonlarıyla birlikte SMS geliştirmeye başladı. 8 Ocak 2015’te FAA, hava taşıyıcıları için nihai SMS kuralı olan “Yurtiçi Taşıyıcı, Bayrak Taşıyıcı ve Tamamlayıcı Operasyon Sertifika Sahipleri için Emniyet Yönetim Sistemleri’ni yayınladı. Buradan anlaşılacağı gibi SMS spesifik bir olayla ortaya çıkmamıştır. Aksine yönetim ve bilimsel alanlardan gelen birçok fikrin bir araya getirilmesi ve havacılık emniyeti topluluğu içindeki birçok bilgi paylaşımının da katkıda bulunduğu evrimsel bir sürecin sonucunda doğmuştur (Stolzer & Goglia, 2015).

ICAO 1997 yılında Global Havacılık Emniyeti Planı’nın (Global Aviation Safety Plan- GASP) ilk versiyonunu tanıttı. 2005 yılında ise tüm paydaşlara ortak bir kaynak olması adına GASP’ı genişletme ihtiyacı duydu. Böylelikle havacılık emniyetine proaktif

yaklaşımı izin verilmesi ve ticari havacılıkta kaza riskini azaltmak için evrensel emniyet politikaları ve girişimlerinin koordine edilmesine ve yönlendirilmesine yardımcı olunması amaçlandı. Yıllar içinde ICAO ve sektör iş birliği içinde geliştirilen bu proje 2015 yılında Küresel Havacılık Emniyeti Planı Yol Haritası Grubu (Global Aviation Safety Plan Roadmap Group- GASPRG) adını aldı. Küresel havacılık emniyeti yol haritalarının daha çok geliştirilmesi sağlandı. 2020-2022 yıllarında “Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 Gündemi” ile uyumlu olarak yeni hedefler belirlendi. Global Havacılık Emniyeti Planı organizasyonel zorluklar ve operasyonel emniyet risklerini kapsayacak şekilde güncellendi (ICAO, 2022)

ICAO'nun yayınladığı Doc 9859 Emniyet Yönetimi El Kitabında Emniyet Yönetimi Sistemi şöyle tanımlanmıştır.

“Emniyet yönetimi, havacılık kazalarıyla ve olaylarıyla sonuçlanmaları öncesinde emniyet risklerinin proaktif bir şekilde hafifletilmesini amaçlamaktadır.” (ICAO, 2018).

Öte yandan SHGM'nin Sivil Havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi Yönetmeliği'nde (SHY-SMS) *“Emniyet yönetim sistemi, doğmuş veya doğabilecek tehlikeleri ve risk unsurlarını belirleyerek, söz konusu tehlikeleri ve riskleri bertaraf eden veya asgari düzeye indirgeyen operasyonel risk yönetim sistemi olarak kullanılır.”* şeklinde tanımlanır.

FAA'ye göre emniyet yönetim sisteminin 3 temel basamağı olduğu söylenebilir. Bunlar; (FAA, 2022), (Stolzer & Goglia, 2015)

- Potansiyel tehlikeleri tanımlamak
- Riskleri değerlendirmek
- Riskleri kontrol altında tutmak

EASA ise emniyet risk yönetim süreci olarak tanımladığı bu süreci 5 aşama olarak açıklamıştır. Bu aşamalar; (EASA, 2020).

- Emniyet sorunlarını tanımlamak
- Emniyet sorunlarını değerlendirmek
- Emniyet aksiyonlarını tanımlamak ve programlamak

- Uygulama ve takip
- Emniyet performansı takibi

Aşama 1- Emniyet sorunlarını tanımlamak: Emniyet risk yönetim sürecindeki ilk adımdır ve bu emniyet sorunları EASA'nın iş birliği içinde olduğu grupların analizi sonucu ortaya çıkar. Analiz sonrasında bu veriler EASA'ya sunulur ve bir ön değerlendirmeye tabi tutulur. Değerlendirme sonrasında verilerin emniyet riski portföyüne resmi olarak dahil edilip edilmeyeceği veya başka eylemlere tabi tutulup tutulmayacağı konusundaki karar bildirilir. Bu adımın çıktısı emniyet riski portföyleridir. Portföylerde hem kilit risk alanları hem de emniyet konuları önceliklendirilir.

Aşama 2- Emniyet sorunlarını değerlendirmek: Emniyet sorunları belirlendikten ve emniyet riski portföyüne dahil edildikten sonra resmi bir emniyet değerlendirmesine tabi tutulur. Değerlendirme süreci EASA tarafından yönetilir ve diğer grup üyeleri tarafından desteklenir. İşbirlikçi grupların desteği mümkün olan en iyi sonuçları elde etmek için hayati önem taşımaktadır. Emniyet Sorunları Değerlendirmesi olarak adlandırılan bu formlar “Havacılık Emniyeti için Avrupa Planı’na” (EPAS) potansiyel aksiyonlar sağlar.

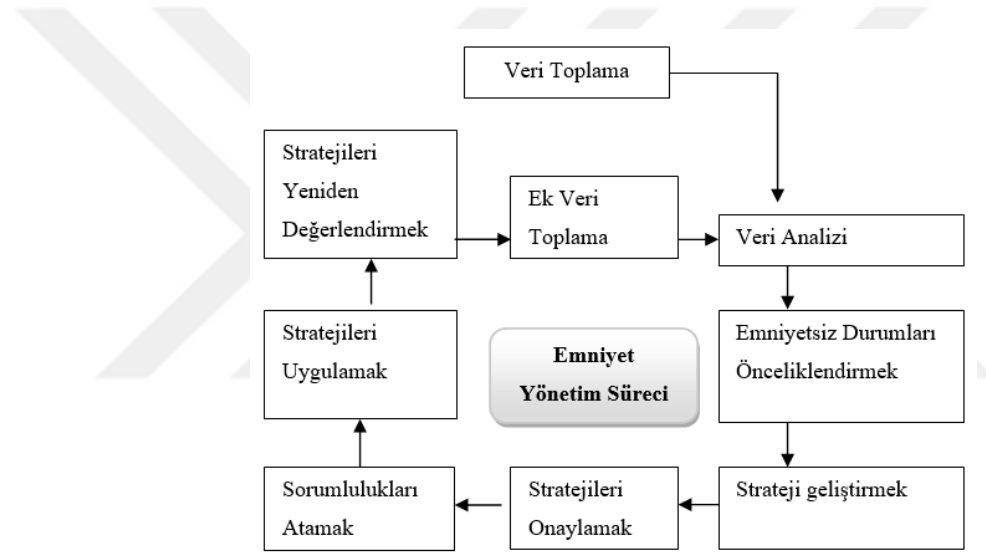
Aşama 3- Emniyet aksiyonlarını tanımlamak ve programlamak: Üzerinde ortak karara varılan veriler EPAS'a dahil edilmek üzere önerilir ve anlaşma sağlanırsa EPAS'ın bir sonraki versiyonuna dahil edilir. Yayınlanmadan önce EPAS, EASA Yönetim Kurulu tarafından onaylanır. Bazı durumlarda, bir sonraki EPAS yayınlanmadan önce tamamlanabilecek daha acil eylemlere ihtiyaç vardır, doğal olarak bunlar EPAS'a dahil edilemez. Bu tür eylemler, bir Emniyet Bilgi Bülteni'ne (SIB) veya Acil Emniyet Teşvik faaliyetlerine dahil edilir.

Aşama 4- Uygulama ve takip: Sürecin bir sonraki adımı, EPAS'a dahil edilen eylemlerin uygulanması ve takibini içerir. EPAS içinde odaklanmış gözetim, araştırma, kural koyma ve emniyetin teşviki dahil olmak üzere bir dizi farklı eylem türü vardır.

Aşama 5- Emniyet performansı takibi: Son aşama emniyet performansının ölçülmesidir. Bu ölçüm iki amaca hizmet eder. İlk olarak emniyet eylemlerinin uygulanmasından kaynaklanan değişiklikleri izlemek. İkinci olarak yeni emniyet konularının tanımlanabilmesi için havacılık sisteminin izlenmesi. Emniyet risk yönetim

süreci sonucunda Emniyet Performans Göstergeleri (SPI) katmanlarını tanımlayan bir Emniyet Performansı Çerçevesi geliştirilmiştir. Katman 1, tüm etki alanlarını ve her etki alanındaki performansın genel görünümünü çapraz olarak izler. Ardından Katman 2, etki alanı düzeyinde kilit risk alanlarını kapsarken katman 2’den sonrası emniyet sorunlarını izler. Her yıl yayınlanan emniyet incelemeleri Emniyet Performansı Çerçevesinin yıllık incelemesidir. Bu çerçevede emniyet eğilimleri tanımlanır, öncelikli alanlar, kilit risk alanları ve emniyet konuları vurgulanır. Bu adımdan itibaren Emniyet Risk Yönetim süreci yeniden başlar.

Belirtilen bu aşamalardan yola çıkarak Stolzer & Goglia (2015), SMS sürecini Şekil 5.1 ‘de özetlemiştir.



Şekil 5.1. SMS süreci (Stolzer & Goglia, 2015)

ICAO Doc 9859’a ve FAA dokümanlarına paralel olarak oluşturulan SHGM’ye ait SHY-SMS yönetmeliğinde işletmelerin emniyet yönetimini sağlamak için aşağıdaki dört bileşenden sorumlu olduğunu belirtir. Bunlar; (SHGM, 2012), (FAA, 2021), (ICAO, 2018)

- Emniyet politika ve hedefleri
- Emniyet risk yönetimi
- Emniyet güvencesi
- Emniyet teşviki

SHY-SMS’te emniyet politikaları ve hedeflerini konu alan Madde 7’ye göre işletmelerin emniyet politikaları ve hedefleri aşağıdakileri kapsar;

- Yönetimin taahhüdü ve sorumluluğu
- Yönetici personelin emniyet sorumlulukları
- Emniyet yöneticisinin atanması
- SMS uygulama planı
- Acil durum eylem planının koordinasyonu
- Dokümantasyon

SHY-SMS’te emniyet risk yönetimini konu alan Madde 8’e göre işletmeler emniyet risk yönetimine ilişkin olarak “tehlike ve riskleri belirleme süreçlerini” ve “risk değerlendirme, kontrol ve azaltma süreçlerini” belirlemekle yükümlüdür.

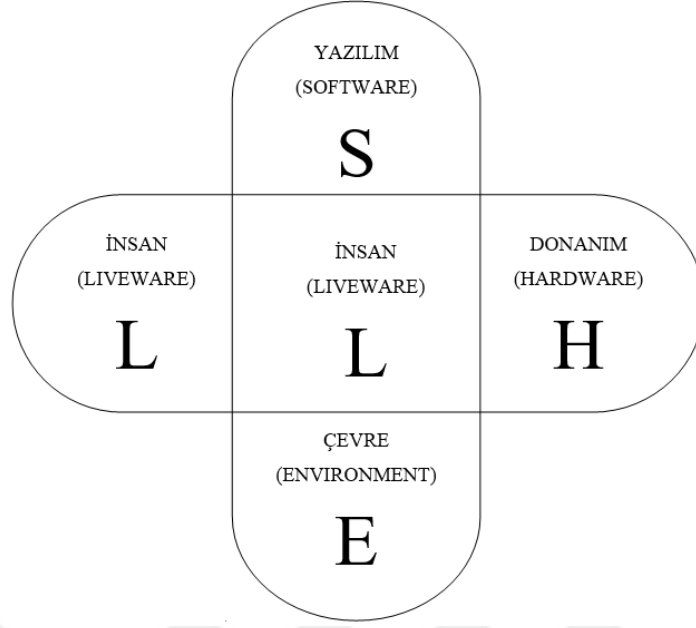
SHGM’nin ilgili yönetmeliğinde Madde 9, emniyet güvencesini konu alır. Bu hususta işletmelere düşen görevler şu şekildedir;

- Emniyet standartlarının belirlenmesi ve tanımlanması.
- Emniyet performansının izlenmesi, ölçülmesi, iyileştirilmesi ve takibi.
- Değişiklik yönetimi.
- SMS’nin sürekli iyileştirilmesi.

Emniyet yönetim sisteminin son bileşeni olan emniyet teşvikine SHY-SMS Madde 10’da yer verilmiş olup işletmelerin bu konuda eğitim-öğretim ve emniyet iletişimi gibi gereklilikleri sağlaması gerektiği belirtilmiştir.

5.2.1.SHELL modeli

SHELL modeli, birden çok sistem bileşeninin etkileşimini analiz etmek için kullanılan kavramsal bir araçtır. Edwards (1972)’nin çalışmasında ilk kez SHELL modelinden bahsedilmiştir. Daha sonra 1993 yılında Hawkins tarafından bir diyagramla gösterilerek geliştirilmiştir (EUROCONTROL, 2012). Modelin bileşenleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. SHELL modeli

SHELL modeline göre İnsan ve diğer dört bileşen arasındaki uyumsuzluk insan hatasına sebep olabilir. Bu nedenle, bu etkileşimler havacılık sisteminin tüm sektörlerinde değerlendirilmeli ve dikkate alınmalıdır (Skybrary, 2022).

İnsan-Donanım: Donanım, çalışırken kullanılan ekipmanlar, ekranlar ve fonksiyonel yüzeyler olarak tanımlanabilir (EUROCONTROL, 2012). Diğer bir deyişle personelin çalışırken kullandığı ve çalışma alanlarında dokunabildikleri yüzeylerdir. Fiziksel ortamın iyileştirilmesi demek insan-donanım etkileşiminin iyileştirilmesidir (Gerede, 2018a). Edwards'a göre problemler SHELL modelini meydana getiren bileşenlerin sınırlarında olmaktadır. Örneğin insan ve donanım (insan- makine) ilişkisine bağlı olarak kokpit düğmelerinde ve kadrantlarında önemli iyileştirmeler yapılmıştır. Bu durum insan faktörleri ilkelerinin uçak tasarım sürecine büyük bir etkisi olduğunun da göstergesidir. Öte yandan teknolojinin gelişmesiyle veri bağlantısı (donanım) ve insan etkileşimi bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu sebeple bilim adamları ve mühendisler veri bağlantısı yapmadan önce bu yeniliğin insan (hava trafik kontrolörü)- donanım (veri bağlantısı teknolojisi) – insan (pilot) iletişimini artıracaklarını veya en azından performansta herhangi bir düşüşe neden olmayacağını göstermek zorunda kalmışlardır. Böylece insan-

donanım ilişkisi kaynaklı kazaların önlenmesi amaçlanmıştır (Wiegmann & Shappell, 2003).

İnsan- Yazılım: Burada bahsi geçen yazılım standart işletim prosedürlerinin parçası olan kurallar, prosedürler, yazılı belgeler vb. olarak tanımlanabilir (EUROCONTROL, 2012). Donanımın tam aksine yazılım iş yaparken dokunulamayan el kitapları, bilgisayar yazılımları ve kontrol listeleri gibi soyut unsurları ifade eder. Tüm bu unsurların kullanıcı dostu olarak tasarlanmaları hataları azaltmada önemli bir faktördür (Gerede, 2018a)

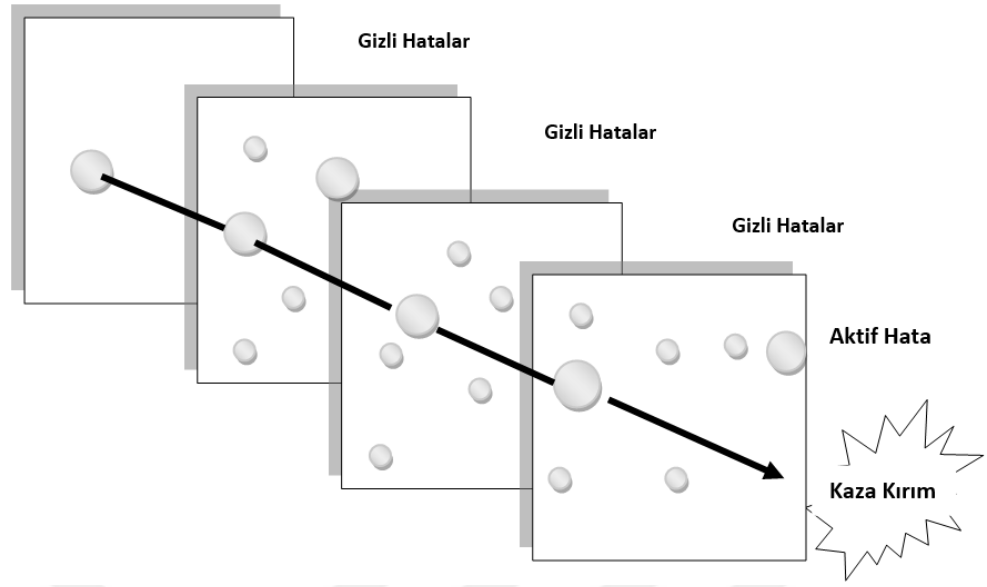
İnsan-Çevre: Burada bahsedilen çevre bileşeni ikiye ayrılmaktadır. Sosyal ve ekonomik durumlar, iklim, çevre vb dış çevre (EUROCONTROL, 2012) ve sıcaklık, aydınlatma, nem, hava kirliliği ve gürültü iç çevre (Gerede, 2018a) olarak tanımlanmaktadır. Özellikle dış çevrenin kişilere uygun olarak değiştirilmesi zor olabilir. Ancak iç çevrenin bir unsuru olan gürültü ses önleyici kulaklıklar sayesinde azaltılabilir ve iç çevre kişilere uygun hale getirilebilir (Gerede, 2018a).

İnsan-İnsan: Sistem içindeki çalışanlar, uçuş ekipleri, mühendisler, bakım personelleri, yönetim kadrosu çalışanları SHELL modelindeki insan bileşenine işaret eder (EUROCONTROL, 2012). Çalışma ortamında farklı grup dinamikleri vardır. İnsan-insan etkileşiminde ortaya çıkan hataların temel sebebinin genellikle teknik olmayan becerilerden (non- technical skills) kaynaklandığı görülmüştür. Bu sebeple takım çalışması, kararlı ısrarcılık (assertiveness), iletişim, liderlik vb konuları kapsayan eğitim programlarının uygulanması insan-insan etkileşiminden kaynaklı hataları azaltmaya yardımcı olacaktır (Gerede, 2018a).

5.2.2. Reason'ın İsviçre Peyniri modeli

Reason Modeli'nin ortaya çıkışı 1987-1988 yıllarında Reason'ın "İnsan Hatası" adlı kitabını yazmaya başlamasına dayanır. Kitabın asıl amacı insan hatasının doğası, çeşitleri ve zihinsel kaynakları hakkında bilişsel bir psikolojik açıklama sağlamaktır. Ortaya şu temel soru çıkmıştır: Göreceli olarak rastgele olmayan hata biçimlerinin ortaya çıkması, düşüncelerimizi ve eylemlerimizi yöneten gizli süreçler hakkında bize ne söyleyebilir? Kitabın ilk versiyonunda gizli hatalar ve sistem felaketleriyle ilgili bölüm yoktu. Bu bölümün dahil edilmesiyle kitapta hata araştırmalarının tarihiyle ilgili uzun

bölüm çıkartılıp yerine 1970-1980 yıllarında meydana gelen aralarında Çernobil Patlaması, Londra'daki bir metroda gerçekleşen King's Cross Yangını, İngiltere'de meydana gelen Flixborough patlaması gibi felaketler dizisinin olduğu bölüm eklendi. Bu kazaların hepsi kapsamlı bir şekilde araştırıldı. Kazalara sebebiyet veren kişilerin performanslarının işyeri koşulları ve yukarı yönlü örgütsel faktörler tarafından şekillendirildiği açıkça ortaya kondu. Bu sistem sorunlarının göz önünde bulundurulmadığı sürece insan hatası hakkında yeterli bir açıklama yapılamayacağı açıkça belirtildi. Böylece kitaptaki ilgili bölüm, aktif ve gizli hataların ayrımının yapılmasıyla başladı. Tıp eğitimi de alan Reason, gizli hataları vücuttaki yerleşik patojenlere benzettti. Bu patojenler sistem içerisinde uzun süre hareketsiz kalabilir ancak zaman içerisinde diğer faktörlerle birleşerek sistem savunmasını engelleyebilir. James Reason, daha önce bahsedilen büyük felaketlerin hepsinin karmaşık üretken sistemlerde meydana geldiğini belirledi. İnsanların bu sistemlerin bozulmasına nasıl sebep olduğunu anlamak için, nasıl ve neden başarısız olduklarını tanımlamak gerektiğini belirtti. Bu sebeple patojenlere benzettiği hatalardan önce üretimin gerekli ve "sağlıklı" unsurlarını tanımlamak gerektiği sonucuna vardı. İlk modelde John Wreathall ve James Reason, bunları arka arkaya uzanan beş düzlem olarak tasvir etti. Düzlemler üst düzey karar vericiler, hat yönetimi, ön koşullar, üretken faaliyetler ve savunmalar şeklinde adlandırılmıştı. Başarısızlıklar bu seviyelerin herhangi birinde ortaya çıkabilirdi (Reason, Hollnagel, & Paries, 2006), (Larouzee & Le Coze, 2020). Bu model Şekil 5.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.3. İsviçre Peyniri Modeli (Reason J. , 1990)

Reason Modeli'ne göre tüm kazalara aktif ve örtülü hatalar bir araya gelerek sebebiyet verir. Negatif etkilerini anında gösteren hata ya da ihlaller aktif hatalardır. Örneğin bir hava trafik kontrolörünün pilota yanlış pist başına gitmesini söylemesi aktif hata olarak gösterilebilir. Örtülü hatalar ise kaza ya da kırımdan çok önce alınmış yanlış kararlardır. Bu tür hatalar genellikle düzenleyici otoriteler ve karar vericilerden kaynaklanmaktadır. Örtülü hatalar, başlangıçta hata olarak algılanmadıklarından problem ortaya çıkıncaya kadar zararlı olarak görülmezler. Karar vericiler ya da uygulayıcılar sorunlar ortaya çıkıncaya kadar örtülü hataların farkında değildirler. Zararsız gibi görünen belli başlı kararlar daha sonra örtük hata olarak kazaya sebep olurlar (SHGM, 2012).

Reason'un İsviçre Peyniri Modeli'ni havacılık açısından en faydalı kılan şey olayların nedensel dizisi içindeki gizli hataları ele almaya zorlamasıydı. Bu gizli hatalar isimlerinden de anlaşılacağı gibi aktif hataların aksine saatlerce, günlerce, haftalarca ve hatta daha uzun süre hareketsiz kalabilir ve tespit edilemeyebilirler. En dikkatli personel bile bu hatayı gözden kaçırıp negatif şekilde etkilenebilir. 1993 yılında ICAO İnsan Faktörleri Kaza Araştırmaları El Kitabı'nda Reason Modeli'ni açıkladı ve havacılık kazalarının insani nedenlerini anlamamızda büyük bir ilerleme olarak sundu. Ancak, kılavuz daha sonra kazaları araştırmak için bir çerçeve olarak SHEL modeline geri döner.

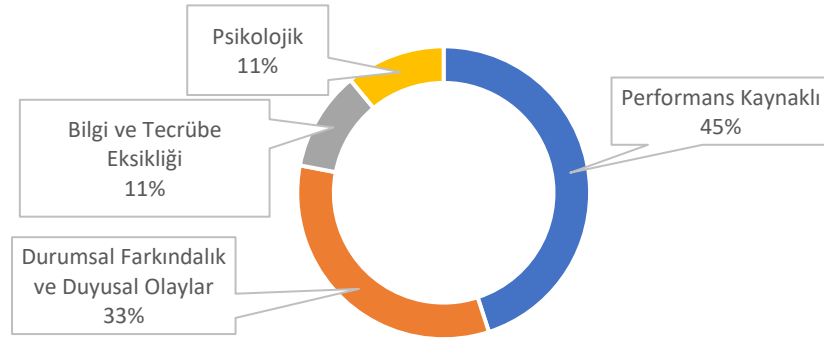
Bunun nedeni, Reason'ın modelinin analitik değil, öncelikle tanımlayıcı olmasıdır. Modelin sistematik ve etkin bir analiz aracı olarak kullanılabilmesi için "peynirdeki deliklerin" net olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu sistem arızalarının veya "deliklerin" ne olduğunu bilmek gerekir, böylece kaza incelemeleri sırasında veya daha iyisi, bir kaza meydana gelmeden önce tespit edilip düzeltilebilirler (Wiegmann & Shappell, 2003). Reason Model'indeki bu eksiklikler üzerine Wiegmann & Shappell (2003) tarafından yaratılan HFACS Modeli ortaya çıkmıştır.

5.2.3.İnsan faktörleri analizi ve sınıflandırma sistemi (HFACS)

1970'lerden önce havacılık kazalarının sebepleri genel olarak teknoloji kaynaklıydı. 1970'lerin başında havacılık kazalarının sıklığı önemli teknolojik gelişmeler ve güvenlik düzenlemelerinde yapılan iyileştirmeler sayesinde önemli ölçüde azaldı. Bu dönemde emniyet uzmanları insan/makine konularına odaklanmış ve çeşitli teorik modeller geliştirilmiştir. İnsan faktörleri araştırmaları bireylere odaklandı ve yeni çözümler kabul edildi. Önceleri insan faktörleri, operasyonel ve organizasyonel bağlamı tam olarak dikkate almadan bireye odaklanma eğilimindeydi. 1990'ların ortalarında emniyet daha sistematik algılanmaya, insani ve teknik faktörlerin yanı sıra organizasyonel faktörleri de kapsamaya başladı (Cokorilo, 2020).

Havacılıkta insan hatası sorunu hem anlaşılması hem de çözülmesi zor bir sorundur. Bunun nedenlerinden birisi insan davranışının fiziksel fenomenler kadar kolay açıklanamamasıdır. Yapılan araştırmalarda hataların rastgele ya da gizemli olmadığı ortaya konmuştur. Çoğu insan hatta işinde uzman olanlar bile çeşitli koşullar altında belirli kalıpları takip eden ve tahmin edilebilir hatalar yapma eğilimindedirler (Nagel, 1988).

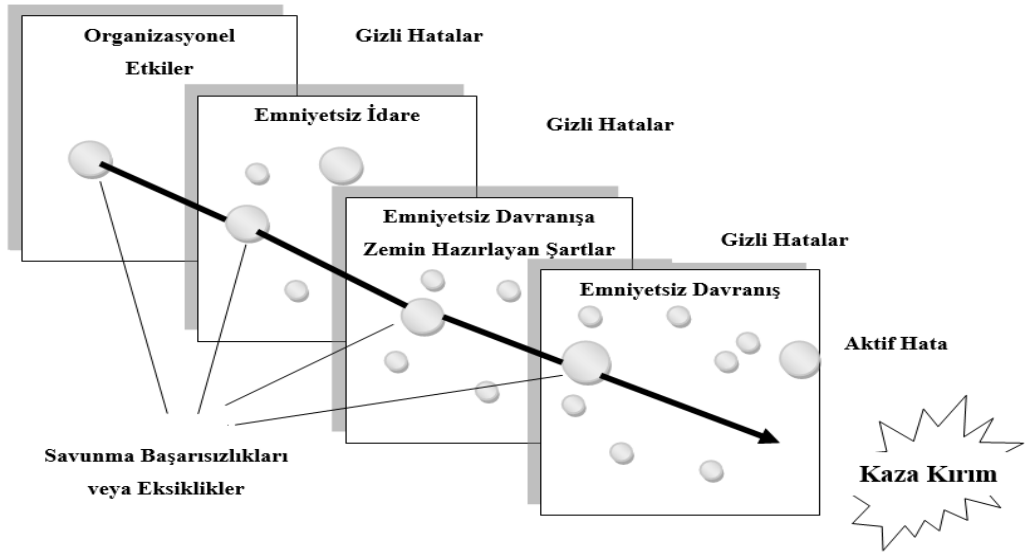
EASA'nın 2021 yılında yayınladığı emniyet bülteninde 2016-2020 yılları arasındaki ticari hava taşımacılığı ve hava taksi kazalarına insan faktörü ya da performansının ne denli etki ettiğine dair bir grafik yayınlanmıştır. İlgili istatistikler Şekil 5.4'te yer almaktadır.



Şekil 5.4. 2016-2020 yılları arasında kazalara sebep olan insan faktörleri (EASA, 2021)

İnsan faktörünün etkileri hakkındaki araştırmalar insan faktörlerinin sınıflandırılması gerekliliğinin kaçınılmaz olduğunu ortaya koymuştur. Wiegmann ve Shappell, Reason 'un İsviçre Peyniri modelinden yola çıkarak İnsan Faktörleri Sınıflandırma Sistemi (HFACS) Model'ini oluşturmuşlardır. Reason'un modelinde bahsi geçen emniyetsiz eylemler yeterince açık olmadığı için gerçek dünyaya uyarlanması zordu. Bu yüzden, Bölüm 3.2.2'de yer verildiği üzere Reason'un İsviçre Peyniri Modeli ICAO tarafından kullanıma uygun görülmemiştir.

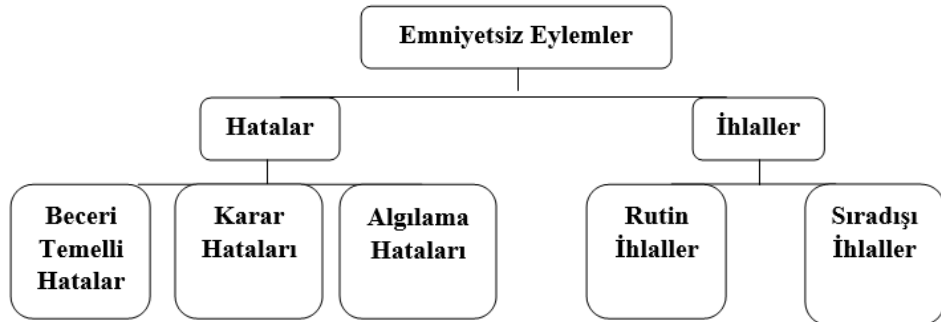
İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (Human Factors Analysis and Classification System- HFACS), İsviçre Peyniri Model'inde yer alan gizli ve aktif arızaları tanımlamak için özel olarak geliştirilmiştir. Böylece modelin kaza inceleme ve analiz aracı olarak kullanılması amaçlanmıştır. Model binlerce kaza raporunun analiz edilmesiyle geliştirilmiştir. Başlangıçta askeri havacılık bağlamında kullanılmak üzere tasarlanmış olmasına rağmen, HFACS'ın sivil havacılık alanında da etkili olduğu görülmüştür. HFACS, her biri Reason'ın modelinde yer alan dört katmandan birine karşılık gelen dört başarısızlık seviyesini tanımlar. Bunlar; emniyetsiz davranış, emniyetsiz davranışa zemin hazırlayan şartlar, emniyetsiz idare ve organizasyonel etkilerdir (Wiegmann & Shappell, 2003). Dört başarısızlık seviyesi Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. HFACS Modeli

5.2.3.1 Emniyetsiz davranışlar

Sorunun başlangıç noktasının bulunabilmesi için sondan başa doğru tümevarım yöntemiyle gidilmesi gerekmektedir. Kaza ya da kırımalarla doğrudan ilişkili gibi görünen ve fark edilmesi kolay olan emniyetsiz eylemler ikiye ayrılmaktadır. Bunlar hata ya da ihlallerdir (Gerede, 2018b). Hata ve ihlaller arasındaki temel fark eylemi gerçekleştiren kişinin niyetidir. Yapması gereken her şeyi prosedüre ve kurallara uyarak yaptığı halde hedefine ulaşamayan kişi “hata” yapmış olur. Diğer yandan bilinçli olarak kuralları ya da prosedürleri takip etmeyen kişi için “ihlal” söz konusudur (SHGM, 2012). Emniyetsiz eylemlerin sınıflandırılması Şekil 5.6’te gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Emniyetsiz eylemlerin sınıflandırılması

Bazı durumlarda eylem planı amaca uygun görünebilir ama planlandığı gibi gitmeyebilir. Kaymalar, gecikmeler, aksamalar yaşanabilir. Bu tarz hatalar beceri temelli hatalardır (Reason & Hobbs, 2003). Beceri temelli hatalar, dikkat, hafıza ve yöntem hataları olarak sınıflandırılır.

Dikkat hataları havacılıkta farklı şekillerde kendini gösterebilir. Örneğin yanmış bir uyarı lambasına çok fazla odaklanan bir pilot tehlikeli bir biçimde alçaldığını fark etmeyebilir. Bu hata tipi yüksek oranda otomatikleştirilmiş davranışlar sırasında ortaya çıkar. Hafıza kaynaklı hatalar ise genellikle bir kontrol listesinde bir ögenin atlanması, yerinin kaybedilmesi ya da unutulması olarak ortaya çıkar. Görünüşte zararsız gibi görünen bu hatalar uçak içinde acil durumun stresi altındayken uygulanması gereken prosedürlerde kritik adımların kaçırılmasına sebebiyet verebilir. Öte yandan acil durum dışında da pilotların flapları ayarlamayı ya da iniş takımlarını açmayı unuttukları durumlar yaşanmıştır. Beceri temelli hataların sonuncusu yöntem hatalarıdır. Kişinin eğitimi, deneyimi ve eğitim geçmişi ne olursa olsun, kişinin belirli bir dizi eylemi gerçekleştirme şekli büyük ölçüde değişebilir. Yani, aynı eğitime, uçuş derecelerine ve deneyime sahip iki pilot, uçaklarını manevra etme şekillerinde önemli ölçüde farklılık gösterebilir (Wiegmann & Shappell, 2003).

Kötü bir niyet taşımadan gerek uygun bilgiye sahip olunmaması gerekse yanlış bir seçim sonucu yapılan hatalar karar hatalarıdır. Bu tip hatalar 3 grupta incelenir; prosedür hataları, yanlış seçimler ve problem çözme hataları.

Prosedür hataları genel olarak çok sıkı kurallara tabi olan sektörlerde görülür. Ticari ve askeri havacılık da bu tarz sektörlerdir. Pilotların verdiği kararların çoğu prosedürlere bağlıdır. Bir durum tanınmadığında, yanlış teşhis edildiğinde ve yanlış prosedür uygulandığında hatalar meydana gelebilir. Öte yandan bazı durumlarla baş etmek için belli prosedürler yoktur. Böyle durumlarda çoklu seçenekler arasından bir seçim yapılması gerekir. Örneğin; ailesinden uzakta geçen uzun bir haftanın ardından evine uçan ve beklenmedik bir şekilde yolunda bir dizi gök gürültülü fırtınayla karşılaşan pilot, hava kütlelerinin etrafından uçabilir, hava geçene kadar başka bir havaalanına divert edebilir ya da hava kütlelerinin içinden geçmeyi seçebilir. Böyle durumlarda verilen yanlış

seçim hataları, yetersiz deneyim, zaman veya dış baskılar sebebiyle kendini gösterebilir. Son olarak, bir sorunun iyi anlaşılmadığı, resmi prosedürlerin ve yanıt seçeneklerinin mevcut olmadığı durumlar vardır. Bu durumlar sırasında yeni bir çözümün icadı gereklidir. Böyle durumlarda bireyler daha önce bulunmadıkları bir durumda bulunurlar ve ilgili problemi çözmeleri gereklidir. Genellikle bu durumda kalan kişiler yavaş ve zahmetli bir şekilde problemi çözmeye çalışır. Sonuç olarak problem çözme hataları yapmaları muhtemeldir (Wiegmann & Shappell, 2003).

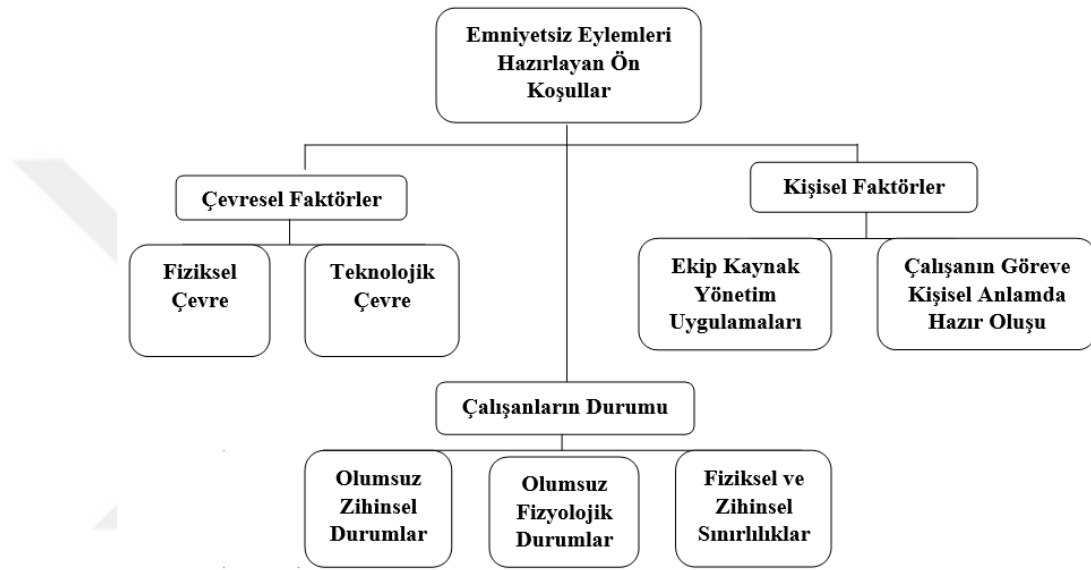
Algılama hataları ise bir kişinin dünyayı gerçekten farklı algıladığında ortaya çıkar. Örneğin geceleri karanlık ve ışıksız bir arazide uçağın gerçek yüksekliğini algılamak güç olabilir. Bu sebeple pilot eğitimlerinde ilk olarak uçuş aletlerine güvenilmesi gerektiği öğretilir. Aksi takdirde algılama hataları büyük facialara yol açabilir (Wiegmann & Shappell, 2003).

Emniyetsiz eylemlere sebep veren diğer bir unsur da ihlallerdir. İhlaller rutin ve sıradışı ihlaller olarak ikiye ayrılır. Rutin ihlaller, doğası gereği alışılmış olma eğilimindedir ve genellikle yönetim otoritesi tarafından hoş görölür. Rutin ihlallerin sebepleri genel olarak gereksiz çabadan kaçınma, işi çabucak bitirme isteği ve gereksiz gibi görünen prosedürleri atlamadır (Reason & Hobbs, 2003). Örneğin sürekli olarak 5-10 mil daha hızlı giden ve hiçbir zaman bir yaptırıma uğramayan pilot bu davranışını rutin olarak sürdürmektedir. Bu örnekte davranışın rutin ihlale dönüşmesinin temel sebebi genellikle otorite tarafından tolere edilmesi ve denetlenmemesidir. Bu tarz ihlallerin önüne geçmek için gereken denetim mekanizmasının iyileştirilmesi gereklidir (Wiegmann & Shappell, 2003).

Sıradışı ihlaller, yapılması beklenmeyen ve yönetim tarafından göz yumulmayan ihlallerdir. Örneğin bir kişinin 55 km hız sınırı olan bir yerde 105 km hızla gitmesi beklenmedik ve sıradışı bir ihlaldir. Bu tarz ihlaller çok istisnaidir. Kişiler genellikle bu tarz ihlal tipinin ipuçlarını vermezler ve bu sebeple ihlallerin tahmin edilmesi zordur. Sıradışı ihlal yaptığı ortaya çıkan bir kişi genellikle bunu bilinçli yapmıştır ve sonuçlarını biliyordur (Wiegmann & Shappell, 2003).

5.2.3.2 Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan şartlar

Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan şartların araştırılmaması bir doktorun hastanın yüksek ateş şikayetiyle ilgilenmesi ancak hastalığının sebeplerini araştırmamasına benzer. Uzmanlar emniyetsiz eylemlerin neden meydana geldiğini detaylı bir şekilde açıklamalıdır (Wiegmann & Shappell, 2003). Emniyetsiz eylemleri meydana getiren ön koşullar, emniyetsiz eylemler kadar görünür değildir (Gerede, 2018b). Emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullar Şekil 5.7’de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullar

Çevresel faktörler, fiziksel çevre ve teknolojik çevre olarak ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel çevre, aydınlatma, sıcaklık basınç, hava durumu gibi faktörlerden oluşur. Teknolojik çevre ise personellerin çalışma ortamında yer alan teknolojik unsurlardan oluşur. Özellikle yeni teknolojilerle çalışan insanlar önemli bir “hazard” olarak görülmektedir (Gerede, 2018b).

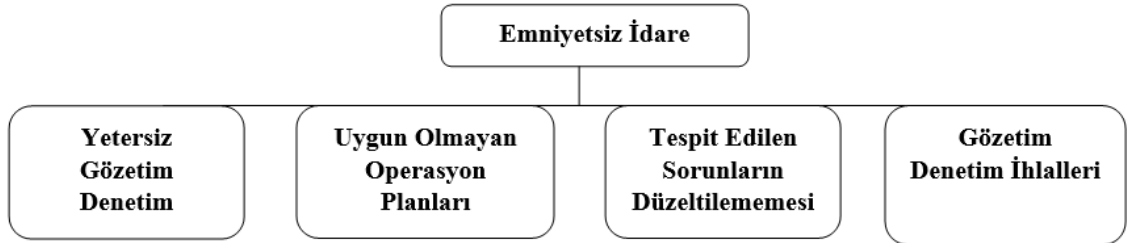
Kişisel faktörler ise ekip kaynak yönetim uygulamaları ve çalışanın göreve kişisel anlamda hazır oluşu olarak ikiye ayrılır. Ekip kaynak yönetimi, teknolojinin gelişmesiyle sebebi insan olan kazaların azaltılması amacıyla ortaya çıkmıştır. Örneğin uçuş esnasında pilotların etkinliğini azaltacak sistemleri geliştirilmiştir. Pilotların bilgi ve becerilerini arttırmak için farklı eğitimler planlanarak bu sistemleri etkin kullanmaları sağlanmıştır.

Kısacası gerek havalimanında gerekse uçak içerisinde bulunan yazılım, donanım, bilgi ve çevre ile insan etkileşiminin, operasyonları en emniyetli biçimde icra edebilmesi için Ekip Kaynak Yönetimi (CRM) kullanılır (Terzioğlu, 2007). Çalışanın kişisel anlamda göreve hazır oluşu ise dinlenme sürelerine riayet etmesini, ilaç ya da alkol etkisinde olmasını ya da uygun bir eğitim almış olması gibi faktörleri içerir.

Emniyetsiz eylemleri hazırlayan ön koşullardan sonuncusu çalışanların durumudur. Olumsuz zihinsel ve fizyolojik durumların yanı sıra fiziksel ve zihinsel sınırlılıklar kaza ya da olaylara neden olabilir. Uzun süreli uyku eksikliği, kronik stres vb. durumların yanı sıra aşırı özgüven ve rehabet olumsuz zihinsel durumlar kategorisindedir. Öte yandan zehirlenme, fiziksel yorgunluk ya da ilaç etkisinde olma olumsuz fizyolojik durumlara örnektir. Tüm bunların yanı sıra görevler personellere verilirken personelin o işe yatkın ya da uygun olup olmadığına dikkat edilmelidir. İşe uygun olmayan kişilerin hata yapma olasılıkları çok yüksektir (Gerede, 2018b).

5.2.3.3. Emniyetsiz idare

Emniyetsiz idare 4 başlık altında incelenir. Bunlar Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Emniyetsiz idare

Sağlam, profesyonel bir gözetim ve denetim, başarılı organizasyonların temel bileşenleridir. İdareciler veya yöneticiler personeline başarılı olmak ve inisiyatif almak için fırsat yaratmalıdır. Ancak bunu yaparken gerekli rehberliği, eğitimi, gözetimi, liderliği ve teşviki sağlamalıdır (Wiegmann & Shappell, 2003).

Uygun olmayan operasyon planları ise yönetimin çalışma saatlerini, iş yükünü ve doğru iş atamalarını yapamaması sonucunda ortaya çıkar (Gerede, 2018b). Örneğin uçuş

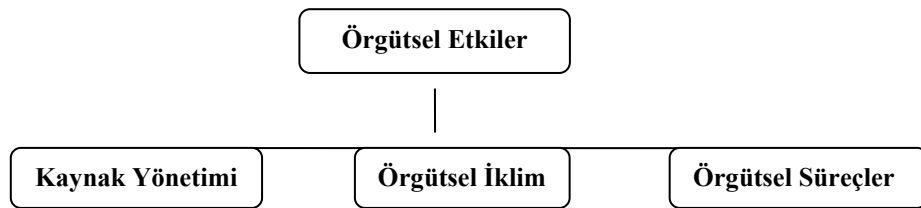
ekibinin dinlenme süreleri olması gerektiğinden az planlanırsa uçuş emniyeti riske girer (Wiegmann & Shappell, 2003).

Tespit edilen sorunların düzeltilmemesi emniyeti sağlamanın önemine olan inancı sarsabilir. Örgütün böyle bir davranışa girmeleri ihlallerin artmasına, yöneticilere olan güvenin sarsılmasına ve raporlama kültürünün zayıflamasına yol açabilir (Gerede, 2018b).

Gözetim denetim ihlalleri ise mevcut kural ve düzenlemelerin, denetçiler tarafından kasten göz ardı edildiği durumlardır. Tartışmalı bir şekilde nadir olmakla birlikte, denetçilerin kişi ya da kurumları yönetirken zaman zaman kuralları ve doktrini ihlal ettikleri bilinmektedir. Örneğin, bireylerin mevcut niteliklere veya lisansa sahip olmayan bir hava aracını kullanmasına izin verildiği durumlar olmuştur. Aynı şekilde, mevcut kural ve düzenlemeleri uygulamamak da denetim düzeyinde ihlallerdir (Wiegmann & Shappell, 2003).

5.2.3.4. Örgütsel etkiler

Önceki bölümde de belirtildiği gibi üst düzey yönetimin kararlarında yanılması personellerin çalışma koşullarını, eylemlerini ve denetim uygulamalarını doğrudan etkileyebilir. Genellikler organizasyonel hataları kontrol altında tutacak net bir çerçevenin olmaması fark edilmelerini zorlaştırmaktadır (Wiegmann & Shappell, 2003). Örgütsel etkiler Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



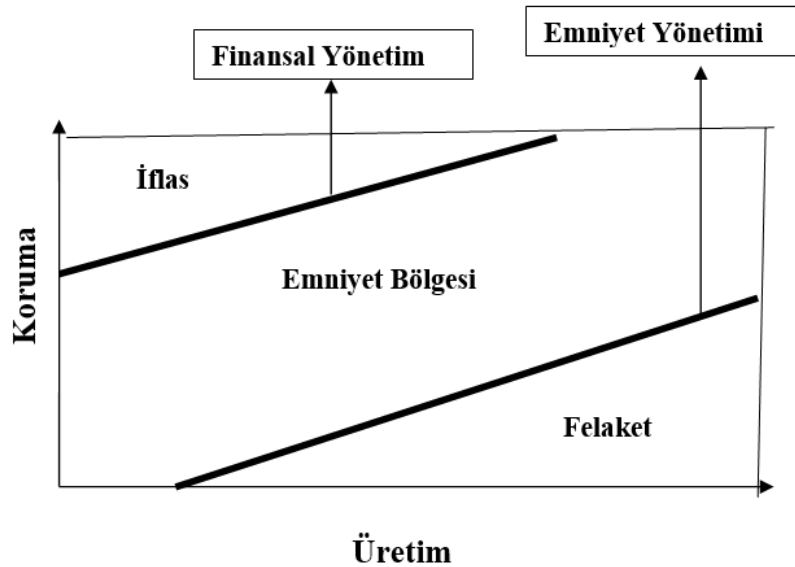
Şekil 5.9. Örgütsel etkiler

Kaynak yönetimi, örgütsel etkilerdeki gizli hatalardan birisidir. İnsan kaynakları (personel) parasal varlıklar, ekipman ve tesisler gibi organizasyonel varlıkların tahsisini kapsar. Wiegmann ve Shappel (2003), yazdıkları “Havacılık Kazaları Analizine İnsan

Hatası Yaklaşımı” adlı kitapta yanlış kaynak yönetimi sonucunda yaşanmış bir kazayı özetle şöyle anlatır;

Sipariş edilen parçanın gelmemesi üzerine uçaklardan birisi park halinde hangarda uzun süredir beklemektedir. Filodaki bazı uçaklarda da uzun süre temin edilemeyecek parça arızaları yaşanmaktadır. Teknisyen, uzun süre beklemek zorunda olan uçaktaki parçaları söküp diğer uçağa takarak sorunu çözer. Burada teknisyenin asıl amacı uçuşa hazır bulunma seviyesinin düşmesini engellemektir. Uçakların iniş yaptıkları her seferde parçalar sökülüp farklı uçaklara tekrar takılmaktadır ve bu durum yedek parçalar gelene kadar devam eder. Ne yazık ki çoğu uçak parçası tekrar tekrar takıp çıkarmak için tasarlanmamıştır. Uçuşların birinde kritik bir parça görevini yapamaz ve kazaya neden olur. Burada kazaya yol açan gizli neden zayıf lojistik ve kaynak yönetimidir.

Ayrıca kaynak yönetimi konusunda bir ikilem vardır. Şirketler yüksek refah içinde olduklarında hem finansal konuları hem de emniyet konularını rahatlıkla yürütebilmektedir. Ancak şirketlerin mali olarak zayıflamaya başladığı durumlarda genellikle ilk olarak emniyetten ve eğitimden ödün verdikleri görülmüştür. Aşırı maliyet düşürme, yeni ekipman için fonların azalmasına, düşük maliyetli ve daha az etkili alternatiflere geçişe sebep olabilir. Örneğin uçaklar için kaliteli yedek parça eksikliği yaşanabilir (Wiegmann & Shappell, 2003). Kaynak yönetimi ve emniyet konusundaki ikilem Şekil 5.10’de gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Kaynak yönetimi ve emniyet ikilemi (Sudarshan, 2011)

Şekil 5.2’de gösterildiği üzere finansal yönetim ve emniyet yönetimi bir denge halinde yönetilmelidir. Denge bozulması ya iflasa ya da kazaya yol açabilir.

5. 3. PAT Sahası Emniyeti

Havalimanı işletmeciliğinin ana işlevi, bir havalimanında verilen hizmetin etkin ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolüdür. Bu sebeple havalimanı işletmeciliği, havalimanında emniyetli havayolu taşımacılığı hizmetini ve gelen-giden tüm yolcu ve uçakların etkin operasyonel desteğini sağlayan kaliteli hizmetler sunmaya odaklanmaktadır. Otoriteler emniyeti sağlamak amacıyla politikalar, düzenlemeler, kaynaklar ve yöntemler oluşturur. Havalimanı işletmeleri de havalimanlarında potansiyel tehlikeleri ve riskleri belirlemek ve azaltmak amacıyla süreçlerin planlanmasından uygulanması ve kontrol edilmesinden sorumludur (Price & Forrest, 2016).

Havalimanlarında hava tarafı bölgesi, pist, taksi yolları, taksi şeritleri ve uçak park alanlarının (ramp ya da apron) yanı sıra terminal binasının hava tarafı bölümleri, bakım tesisleri, uçak kurtarma ve itfaiye istasyonları, kar temizleme ekipmanı depolama alanları, yakıt bölgeleri, hava trafik kulesi, seyrüsefer yardımcıları ve yaklaşma ışıkları vb. bölgeleri barındırır. Uluslararası kaynaklarda genellikle pist, apron ve taksi yollarını oluşturan bölge “Hava Operasyon Sahası (Air Operations Area- AOA)” olarak adlandırılır (Price & Forrest, 2016). Ulusal kaynaklarda ise genellikle havalimanlarında hava araçlarının ve yer ekipmanlarının hareket etmesi ve park etmesi için asfalt, beton ve toprak yapıdaki pist, apron ve taksi yolları olarak adlandırılan bu bölgeler ve yakın çevresi PAT (pist, apron ve taksi yolu) sahası olarak yer alır (Ateş, 2016), (SHGM, 2014).

5.3.1. Pist emniyeti

Havalimanlarının en önemli unsurlarından birisi pistlerdir. Öncelikle pistlerin emniyet standartlarına uygun olarak tasarlanması ve işletilmesi hem uluslararası hem de ulusal regülasyonlarla zorunlu kılınmıştır. Hava aracı operasyonlarının en kritik kısımlarının pist üzerinde ya da pistlerin yaklaşma ve kalkış bölgelerinde gerçekleşmesi sebebiyle bu bölgenin emniyetli olması büyük önem arz etmektedir. ICAO Annex 14’te ve SHGM Hava Emniyet Standartları Talimatı (SHT-HES) pist emniyetiyle ilgili kriterleri belirlemektedir (SHGM, 2022).

ICAO'nun Pist Emniyeti Programı (RSP), pistle ilgili kazaları ve ciddi olayları azaltmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda etkili bir araç olarak Pist Emniyet Ekiplerinin (RST) kurulmasını teşvik etmektedir. Kısaca RST (Runway Safety Teams) olarak adlandırılan bu ekiplerin kurulması gerekliliği Mayıs 2011'de Kanada Montreal'de düzenlenen ICAO Küresel Pist Emniyeti Sempozyumu sonucunda ortaya çıkmıştır. RST'ler, düzenleyicilerin, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcılarının, havayolu ve havalimanı operatörlerinin de ortak çözümler sağlamasıyla pist ihlallerini ve pistten çıkmaları azaltmada oldukça başarılı olduklarını kanıtlamışlardır. Münferit havaalanlarında yerel RST'lerin doğru şekilde kurulması, pist emniyeti için etkili bir eylem planının geliştirilmesi ve uygulanması, tehlikelerin ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir seviyelere çekilmesi için kilit öneme sahiptir. RST'ler pist emniyetiyle ilgili başlıca faktörler üzerinde çalışır. Bunlar; (ICAO, 2015)

- Anormal Pist Teması
- Kuş Çarpması
- Yer Çarpışması
- Yer Hizmetleri
- Pist İhlalleri ve Pistten Çıkmalar
- Yerde Kontrol Kaybı
- Engellerle Çarpışma
- Pisti Iskalama
- Yanlış Pist Kullanımı
- Yüksek Hızlı Reddedilen Kalkış
- Yaban Hayatı
- FOD Hasarı

IATA'da pist emniyetinin uçuşların emniyetli bir başlangıç ve bitiş yapması anlamına geldiğini vurgulayarak ilgilendikleri öncelikli alanlardan birisi olduğunu belirtmiştir. Kaza verileri analizleri sonucunda pistten çıkma olaylarının en yaygın kaza türü olduğu belirlenmiştir. Pistten çıkmalar sonucunda uçakta ve yerde bulunan kişilerin

hayatları tehlikeye girerken hem havalimanı içindeki hem de dışındaki ekipman, uçak ve insanlar için de risk oluşturmaktadır (IATA, 2022).

FAA’de pist emniyetini ön planda tutarak pist ortamındaki en büyük riskleri daha doğru bir şekilde belirlemek için Yüzey Emniyet Metriği (SSM) oluşturmuştur. Pist ortamında meydana gelen her türlü olayı inceleyerek bir Yüzey Güvenliği Risk Endeksi oluşturur. Bu endeks pist emniyeti olaylarındaki risklerin ciddiyetini değerlendirmek için FAA tarafından geliştirilen bir metodolojidir. Uçak hasarı, yaralanmalar ve ölümler gibi her bir olayın sonucuna risk ağırlıkları atamak için modelleme kullanır. Ağırlıklar, bir ölüm vakasına yakınlığa dayalıdır. Pist ortamında meydana gelen her türlü operasyonu (ticari ve ticari olmayan), uçakları, araçları ve yayaları içerir. Pist çarpışma kazalarını, pistten çıkma kazalarını, taksi yolu çarpışma kazalarını, pist ihlali olaylarını, pistten çıkma olaylarını ve taksi yolu yüzey olaylarını içerir. Operasyonlar, toplam kalkış ve iniş olarak tanımlanır FAA pist emniyetini sağlamak için farklı teknolojiler ve yenilikler geliştirmektedir. Bunlar; (FAA, 2022).

Pist Durum Işıkları (RWSL): RWSL sistemi yüzey ve yaklaşma gözetim sistemlerinden trafik bilgilerini türetir ve emniyetsiz bir durumla karşılaşıldığında uyarı amaçlı kırmızı ışıkları açar. Pist girişlerinde ve taksi yollarından piste geçiş bölgelerinde bulunur. Kalkış esnasında ise pistte başka bir uçak ya da araç olması durumunda kırmızı ışıklar devreye girer.

Havaalanı Yüzey Tespit Ekipmanı (ASDE-X): ASDE-X, hava trafik kontrolörlerine daha güvenilir bilgi sağlamak amacıyla radarlardan, transponderlardan ve Otomatik Bağımlı Gözetleme – Yayın (ADS-B) gibi çeşitli kaynaklardan gelen verileri entegre eder. ASDE-X, kule kontrolörlerine trafik çakışmaları ve olası çarpışmalar hakkında görsel ve sesli uyarı veren bir yüzey trafik durumu ekranı sağlar.

Havaalanı Yüzey Gözetleme Yeteneği (ASSC): ASDE-X’e benzer. Her türlü hava koşulunda yüzey gözetimini ve durumsal farkındalığı geliştirir. ASSC ile hava trafik kontrolörleri, havalimanı yüzeyinde ve havalimanına birkaç mil mesafedeki yaklaşma ve kalkış yollarında bulunan uçak ve kara araçlarını görür. ASDE-X gibi ASSC, aynı görsel ve işitsel uyarı yeteneklerine sahiptir. Kontrolörler için son derece doğru bir görüntü

sağlamak için radarlar ve çok yönlü uzak üniteler dahil olmak üzere birden çok kaynaktan gelen verileri birleştirir.

ASDE-X ve ASSC Taksi Yolu Varış Tahmini (ATAP): ATAP; uçakların atanan pist yerine taksi yoluna hizalandığı konusunda kontrolörleri uyarır. Uyarılar için gereken bilgileri ASDE-X ve ASSC'den sağlar.

Tasarlanmış Malzemeli Durdurma Sistemi (EMAS): EMAS teknolojisi, pisti aşan bir uçağı yavaşlatmaya veya durdurmaya yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Pist sonundaki özel tasarlanmış malzemeden oluşan tutucu yatak sayesinde uçağın lastikleri hafif malzemeye batar ve uçağı yavaşlatır. Standart bir EMAS uçağın 80 mil hızla pisti aşmasını durdurabilir.

Hareketli Harita Ekranlı Elektronik Uçuş Çantası (EFB): EFB; pilotların uçaklarının havalimanında nerede olduğunu bulmalarına yardımcı olur.

Pist Emniyet Alanları (RSA) Programı: RSA, pisti çevreleyen, tipik olarak 500 fit genişliğinde ve her bir pist ucunun 1.000 fit ötesine uzanan tanımlanmış bir yüzeydir. Bir uçağın pistin dışına çıkması, pist dışına teker koyması veya pistten sapması durumları için bir alan sağlar. Birçok pist 1000 fit RSA standardı kabul edilmeden önce inşa edilmiştir. Bu sebeple FAA, öncelikli olan pistler için RSA'da iyileştirmeler yapmak üzere Pist Emniyet Alanı Programını uygulamıştır. Bu kapsamda 500 havalimanında 1000'den fazla pistte iyileştirme yapılmıştır.

Pist İhlali Azaltma (RIM) Programı: RIM programı; pist ihlali geçmişine sahip havalimanlarında bu ihlale sebep olan risk faktörlerini belirlemeye yönelik bir FAA girişimidir. Bu risk faktörleri; belirsiz taksi yolu işaretleri, havaalanı işaretleri ve pist-taksi yolu düzeni gibi karmaşık sorunları içerebilir. Bu risk faktörlerini azaltmak ya da yok etmek için taksi yolunun yeniden yapılandırılması, aydınlatma ve işaretleme düzenlemesi ve uçak operasyonlarında değişiklikler gibi aksiyonlar alınabilir. Bu programın uygulanmasıyla pist ihlallerinde %77'lik bir azalma sağlanmıştır.

Sıcak Nokta Standardizasyonu: FAA, pist güvenliği kapsamında havalimanlarındaki "sıcak noktaları" belirlemiştir. Farklı türdeki risk bölgelerini işaret

eden bu sıcak noktalar pilotlar için kafa karıştırıcı olabiliyordu. Bu sebeple her risk için belli şekiller belirlenmiş ve bir standardizasyon sağlanmıştır. Bu standardizasyon pilota daha iyi yardımcı olacak ve havaalanı diyagramlarında daha az karışıklık sağlayacaktır.

Ulusal Pist Emniyet Planı (NRSP): NRSP, FAA'nın Pist Emniyet Grubunun stratejik önceliklerini, yerleşik Emniyet Riski Yönetimi ilkeleriyle uyumlu hale getirir. NRSP, pist ortamında ve hava sahasında emniyet performansını geliştirmek için FAA, havalimanı operatörleri ve havacılık endüstrisi paydaşlarının karar alma süreçlerinde nasıl iş birliği yaptığını açıklar.

Pist Emniyeti içi Kokpit Simülatorü: FAA, kokpit videolarıyla pilotlara etkin noktaları ve emniyet açısından hassas öğeleri net bir şekilde göstermektedir. Diyagramlar ve görsel grafiklerle birleştirilmiş kokpit kameralarıyla çekilen gerçek pist yaklaşımı ve taksi yolu görüntüleri sayesinde özellikle öğrenci pilotların yer emniyeti uygulamalarını öğrenmeleri sağlanmaktadır.

5.3.2. Taksi Yolu Emniyeti

Taksi yapmak; bir hava aracının iniş kalkış koşulları dışında, kendi motor gücüyle yaptığı manevralara denir. Taksi yolu ise hava tarafındaki noktaları birbirine bağlayan ve uçakların taksi yapmaları için ayrılmış yollardır. Taksi yolları 3 bölümden oluşur. Birincisi; hava aracının bekleme için kullandığı ve apronun bir parçası olan “hava aracı bekleme taksi yolu”. İkincisi; taksi yolları ağını bir parçası olan ve hava araçlarının apronu kat etmesini sağlayan “apron taksi yolu”. Üçüncüsü ise; pistle uygun bir açıda bağlantısı olan ve iniş yapan uçakların pisti en kısa sürede ve yüksek hızda terk etmelerini sağlayacak “hızlı taksi yolu” (DHMI, 2022).

Uçaklar piste çıktıktan sonra daha yüksek hızlara ulaşırlar. Bu sebeple pistlerde oluşan emniyetsiz durumların ölümle sonuçlanma ihtimalleri yüksektir. Birçok kuruluşun önce pistteki emniyeti sağlamaya çalışmasının ve taksi yolu emniyetine nispeten daha az ilgi göstermesinin temel sebebi budur. Havalimanlarının taksi yolları genellikle karmaşık ortamlardır. Taksi yollarında çok sayıda hareketli araç bulunmaktadır ve araç-uçak ya da uçak-uçak arasında kazalar meydana gelebilir. Bu kazaların ciddiyeti pist ihlali kazalarından nispeten az olsa da yer araçlarına, uçaklara ve operasyonel verimliliğe

verilen zarar yüksek maliyetlere yol açabilir. Pistlerle ilgili olan bazı durumlar taksi yolları için de geçerlidir. Özellikle havalimanına fazla aşına olmayan pilotların yollarını kaybetme ihtimalleri yüksektir. Bu yüzden hem yol bulma hem de kötü hava koşullarına uyum sağlama amacıyla taksi yollarındaki aydınlatmalar ve görsel yardımcılar standartlara uygun şekilde olmalıdır (EUROCONTROL, 2010).

Özellikle zaman baskısı altındayken taksi yollarından geçişler bazı ihlallere sebep olabilir. Taksi yollarındaki çarpışmalar hem uçaktakileri hem de yer ekibini riske atabilir. Uçakların arkasından ya da önünden geçişlerde motorun itiş ve çekiş güçlerini hafife almamak gerekir. Bir uçak düşük hızda taksi yaparken bile, motorlar bir apron aracına zarar verme ve hatta aracı devirme potansiyeline sahiptir. Hareket halindeki bir uçağa yol verilmemesi ciddi emniyetsiz durumlara yol açabilir. EASA ve Fransa'nın sivil havacılık otoritesi DGAC tarafından hazırlanan raporlarda taksi yolu emniyetinin sağlanması için 5 önemli husus belirtilmiştir. Bu hususlar; (EASA, 2022)

- Pushback ve park etme esnasında uçağa her zaman yol vermek gereklidir.
- “Dur” işaretlerine gelindiğinde çevredeki tüm uçakların farkına varmak için tam durmak gereklidir.
- Bir uçak geçmeden önce ve geçtikten sonra daima emniyetli bir mesafe bırakılmalıdır.
- Standart bir yoldan 10 kat daha geniş olabilen taksi yollarını geçmek için gereken süre tahmin edilmeli ve geçiş ona göre yapılmalıdır.
- Düşük görüş operasyonlarında öncelikle sese dikkat edilmelidir.

5.3.3. Apron emniyeti

Hava araçlarının taksi yolları, park yerleri, hangarlar ve yollar içeren hava trafiği alanları apron ya da ramp olarak adlandırılır (Horberry, Regan, & Toukhsati, 2007), (SHGM, 2014). Havalimanları apronlarında çok sayıda personel çalışmaktadır. Uçuş mürettebatları, bagaj taşıma görevlileri, güvenlik görevlileri, gümrük görevlileri, yiyecek içecek servisleri, temizlik görevlileri, teknik ekipler, yakıt ikmal personelleri, yer hizmetleri görevlileri apronda yoğun bir araç ve yaya trafiği oluştururlar. Hâla birçok havalimanında yolcular uçağa binerken ve uçaktan indiklerinde apronda yürümek zorunda kalmaktadır. Personeller, gece-gündüz, farklı hava koşullarında ve gürültü

seviyelerinde çalışmak ve zaman baskısı altında operasyonları emniyetli bir şekilde tamamlamak zorundadır. Bu çalışma koşulları apron emniyetini tehdit etmektedir (Horberry, Regan, & Toukhsati, 2007).

Apron tasarımında, uçakların apron alanlarında yapacakları yer hareketlerinin emniyet prosedürleri de hesaba katılmalıdır. Uçakların belirtilen açıklık değerlerini koruması, aprona giriş, aprondaki hareket ve aprondan ayrılış işlemleri ilgili kurallara göre yapılmalıdır. Apronda park halinde olan uçaklara, özellikle yakıt alan uçaklara verilen hizmetler emniyet prosedürlerine uygun olmalıdır. Yangın çıkması ve etrafa yayılması ihtimaline karşın kaplamaların eğimleri terminal binalarının ve diğer yapıların uzağına doğru olmalıdır. Ayrıca operasyonların aksamaması için her park pozisyonunda su menfezleri bulunmalıdır (SHGM, 2011).

Apron operasyonları taksi yolundaki operasyonlardan farklıdır. Yerde hareket eden araçların izleyeceği yollar sabit duran şeritlerle değil bunun yerine tabelalar, yüzey işaretlemeleri ve aydınlatma sistemleriyle tanımlanır. Bu referanslar apronun genişliği boyunca hareket eden araçları yönlendirmek için kullanılır. Apron operasyonları daha düşük hızlarda ve hem hava hem de yer araçlarının bulunması sebebiyle daha kısıtlı kapasitede yapılmaktadır. Ek olarak aprondaki uçaklar birbirlerine çok yakın mesafededir. Bu sebeple yer hareketlerine başlamadan önce yer trafiği koordine edilmelidir. Manevra yaparken başka uçağın yolunu kapatmamalı ya da çarpışmalara mahal verilmemelidir (EUROCONTROL, 2010).

6. YÖNTEM

Bu araştırmanın yöntemi “Nitel Araştırma” olarak belirlenmiştir. Nitel araştırma, doğrudan saha çalışması gözlemlerinden, derinlemesine, açık uçlu görüşmelerden ve yazılı belgelerden elde edilen verileri analiz eder. Nitel araştırmacılar, gerçek dünya ortamlarını tümevarımsal bir biçimde inceleyerek nitel araştırmanın çıktısı olan kalıplar ve temalar elde ederler (Patton, 2005). Bu çalışmada İstanbul Havalimanı’nda kullanılan AUS uygulamaları ve PAT sahası emniyetine etkileri hakkında derinlemesine bir araştırma yapılmıştır. Bunun yanı sıra katılımcılara PAT sahalarında emniyeti tehdit eden faktörler ve Atatürk Havalimanı ile İstanbul Havalimanı arasındaki farklara yönelik de sorular yöneltilmiştir. Yapılan bu araştırma sonucunda belli kodlar ve temalar elde edilmiştir.

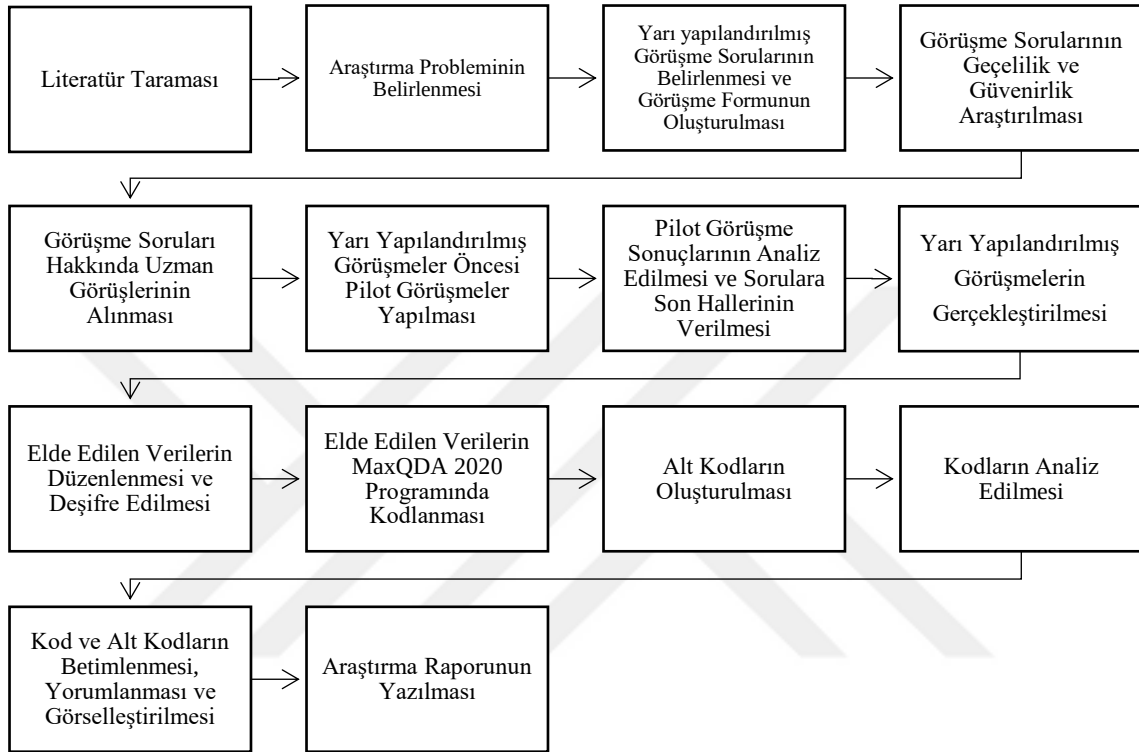
6.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; İstanbul Havalimanı’nda kullanılan Akıllı Ulaşım Araçlarının PAT sahaları emniyetine etkisini araştırmak ve İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı’nı karşılaştırmaktır. Bu çalışma hazırlanırken büyük bir yatırıma ve gelişmiş bir altyapıya sahip olan İstanbul Havalimanı’nda kullanılan teknolojilerin hava tarafındaki emniyete etkisinin ortaya çıkarılması araştırma problemi olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki araştırma soruları ele alınmıştır:

- İstanbul Havalimanı’ndaki PAT sahasında kullanılan akıllı ulaşım sistemleri nelerdir?
- İstanbul Havalimanı’ndaki PAT sahasında kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahası emniyetine etkileri nelerdir?
- Daha önce Atatürk Havalimanı hava tarafında çalışmış olan ve şu anda da İstanbul Havalimanı hava tarafında çalışan kişilerin görüşlerine göre her iki havalimanı arasındaki teknik, fiziki ve teknolojik farklar nelerdir?
- Atatürk Havalimanı’nda başta emniyet olmak üzere verimliliği ve çevresel yararı arttırmada yetersiz kalan uygulamalar ya da teknolojiler proaktif bir yaklaşımla İstanbul Havalimanı’nda daha iyi hale getirildi mi?

- Tam otonom araçlara doğru gelişen teknolojiye makine-makine etkileşimi emniyeti nasıl etkileyecektir?

Yukarıdaki araştırma problemlerinden yola çıkarak araştırma sürecinde izlenen adımlar Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Araştırma sürecinde izlenen adımlar

6.2.Araştırma Deseni ve Modeli

Araştırmanın deseni durum çalışması ve modeli ise karşılaştırılmalı durum çalışması olarak belirlenmiştir.

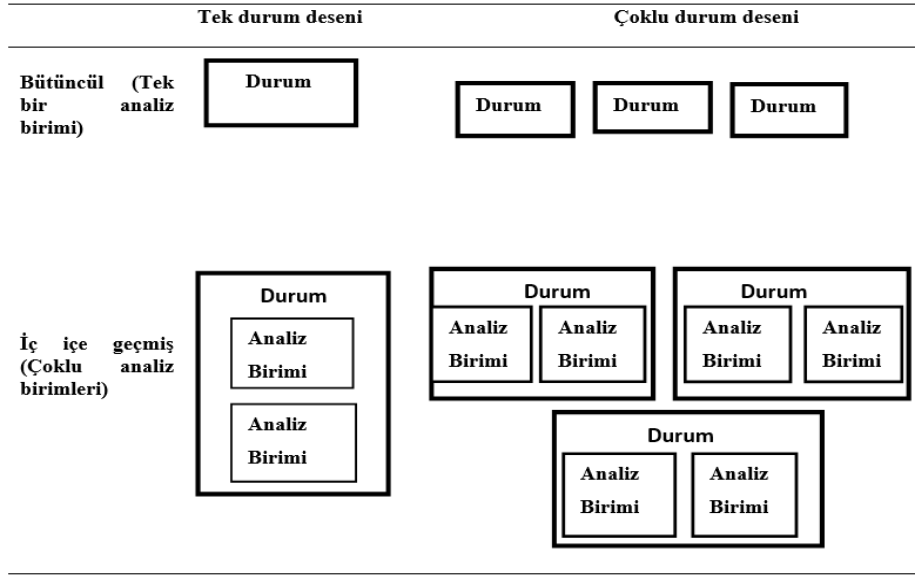
Genel olarak durum çalışmaları araştırmacı araştırılan durumla ilgili “Nasıl?” ve “Neden?” sorularını sorar. Araştırmacının olaylar üzerinde çok az kontrolü vardır ve odadaki konu gerçek yaşamla ilintilidir. Durum çalışmaları olayların manipüle edilmemesi ve olağan akışında incelenmesi çok önemlidir. Olayların objektif olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Yin, 2003).

Gillham (2000)'e göre durum çalışmalarının bazı özellikleri vardır. Bunlar: (Gillham, 2000)

- Diğer yöntemlerin- örneğin deneylerin- uygulanabilir olmadığı veya etik olarak uygun olmadığı durumlar hakkında bir araştırma yapmak.
- Hakkında çok az şey bilinen durumları araştırmak.
- “Kontrollü” olarak yapılmış araştırmaların ötesindeki karmaşıklıkları keşfetmek.
- Bir grubun ya da organizasyonun içine girerek sadece içeriden algılanabilecek gayri resmî gerçekliğe ulaşmak.
- Olaya içeriden yani olaya katılanların perspektifinden bakmak.
- Sonuçlara götüren süreçler hakkında araştırma yapmak.

Yin (2003)'e göre çoklu durum çalışması, durum çalışması deseninin alt başlıklarından birisi olarak incelenmektedir. Durum çalışması “Tek Durum Deseni” ve “Çoklu Durum Deseni” olarak ikiye ayrılır. Tek durum deseni bütüncül veya iç içe geçmiş şekilde olabilir. Bütüncül tek durum deseninde tek bir durum derinlemesine araştırılır. İç içe geçmiş tek durum deseninde ise tek bir durumun içerisindeki farklı analiz birimleri ele alınır. Tek bir vaka vardır ama içerisindeki birden fazla olgu hakkında araştırmalar yapılır. Çoklu durum deseni de bütüncül veya iç içe geçmiş şekilde ele alınabilir. Bütüncül çoklu durum deseninde birden fazla durum hakkında birbirinden ayrı bir şekilde araştırmalar yapılır. İç içe geçmiş çoklu durum deseninde ise birbirinden ayrı durumların içerisindeki analiz birimleri bağımsız olarak araştırılır (Yin, 2003). Durum çalışması desenlerinin temel türleri Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. *Durum çalışması desenlerinin temel türleri (Yin, 2003)*



Öte yandan Bogdan ve Biklen (2007), durum çalışmasını 8 kategoride incelemektedir. Bunlar: (Bogdan & Biklen, 2007)

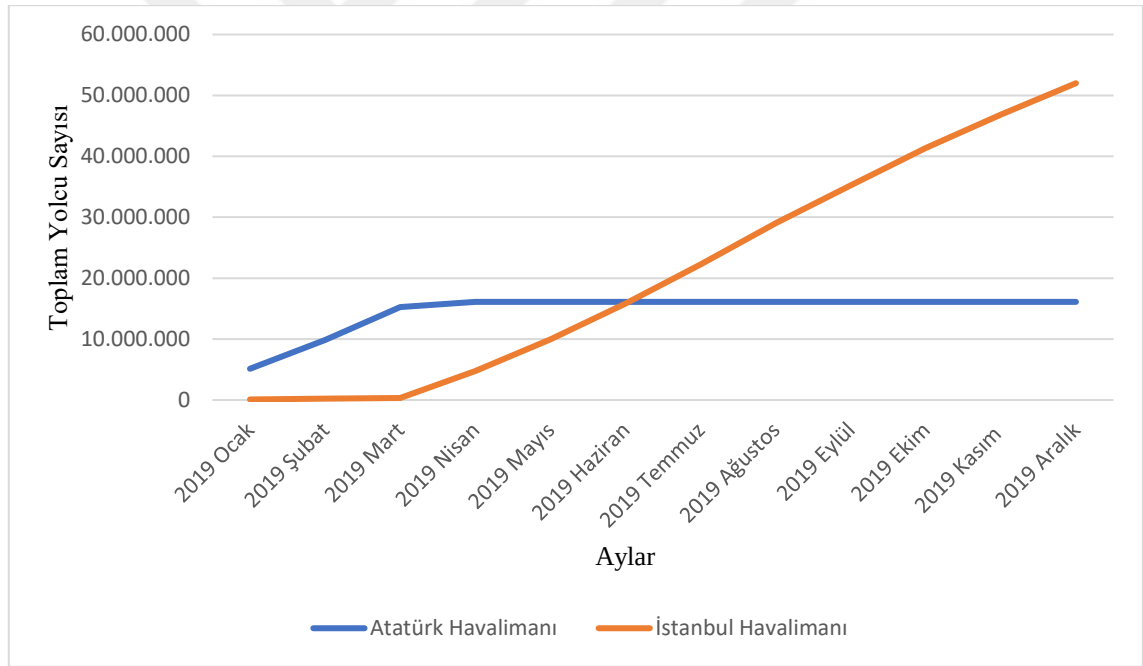
- Gözleme Dayalı Durum Çalışması (Observational Case Study)
- Yaşam Tarihi (Life History)
- Belgeler (Documents)
- Organizasyonların Geçmişini İnceleyen Durum Çalışmaları
- Durum Analizi (Situation Analysis)
- Mikroetnografi
- Çok Vakalı Çalışmalar
- Karşılaştırmalı Durum Çalışmaları

Yin (2003)'ün tanımlarından yola çıkarak bu çalışma bütüncül çoklu durum desenine benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışmada İstanbul Havalimanı'nda kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahaları emniyetine etkisi araştırıldıktan sonra Atatürk Havalimanı ile karşılaştırma yapılacaktır. Bu sebeple bu çalışmanın modeli Bogdan ve Biklen (2007)'nin çalışmasında belirtilen karşılaştırmalı durum çalışmasına daha uygun bulunmuştur. Karşılaştırmalı durum çalışmaları; iki ya da daha fazla durum

çalışmasının yapılması ve bu çalışmaların karşılaştırılmasıdır. Tanıma göre araştırılacak konu bu iki çalışmanın ortak bir uzantısı olmalıdır (Bogdan & Biklen, 2007)

6.3. Araştırma Alanı ve Katılımcılar

Bu araştırmada akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahası emniyetine etkisi araştırılacaktır. Bu kapsamda iki havalimanı araştırma alanı olarak seçilmiştir. Birincisi 29 Ekim 2018’de açılan şu anda Türkiye’nin en büyük ve en fazla trafiğe sahip havalimanı olan İstanbul Havalimanı’dır. Diğeri ise 1953 yılından itibaren 6 Nisan 2019’a kadar Türkiye’nin en büyük ve en fazla trafiğe sahip havalimanı olan Atatürk Havalimanı’dır. Şekil 6.2’de Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı’nın 2019 yılındaki yolcu sayıları gösterilmiştir. Atatürk Havalimanı Türkiye’nin en yüksek yolcu sayısına sahipken 6 Nisan 2019’da uçuşlar durdurulmuştur. 2019 Temmuz ayından itibaren İstanbul Havalimanı zirveye yerleşmiştir.



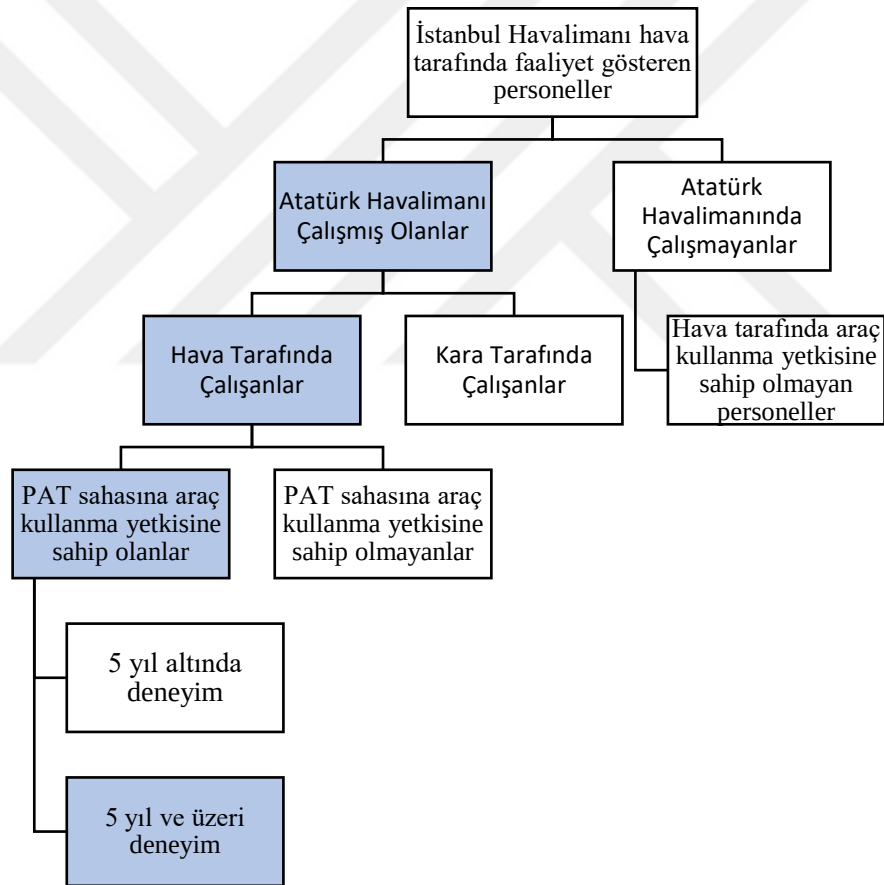
Şekil 6.2. 2019 yılı yolcu sayısı istatistikleri (DHMİ, 2019)

PAT sahalarında kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin araştırıldığından bu alanlarda çalışan kişiler çalışmanın evrenini oluşturmaktadır. Hem İstanbul Havalimanı’nın hem de Atatürk Havalimanı’nın hava tarafında çalışmış ve PAT sahalarındaki işleyişe tanıklık

etmiş kişiler örneklem olarak seçilmiştir. Bu kapsamda 6 kişi ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşme yapılan kişilerin ortak özellikleri şu şekildedir:

- Her iki havalimanındaki pist, apron ve/veya taksi yollarında araç kullanma yetkisine sahip olmak
- Her iki havalimanında hava tarafı yer operasyonlarıyla doğrudan ilgili departmanlarda çalışıyor olmak

Görüşme yapılacak kişiler amaçlı örneklem yöntemiyle seçilmiş ve kar topu örneklem yöntemiyle de görüşmedeki kişi sayısı arttırılmıştır.



Şekil 6.3. Örneklem özellikleri

Amaçlı örneklem yöntemi; genel olarak tümevarımsal araştırmalarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Örnekleme dahil ettiğimiz kişi, nesne ya da olayların araştırılan

konunun genişlemesini kolaylaştırması beklenir. Bu rastgele örnekleme aynı şey değildir. Araştırmanın konusu hakkında bilgi sahibi kişiler özel olarak seçilir (Bogdan & Biklen, 2007). Palinkas vd., (2013)'e göre örnekleme stratejilerinin birleştirilmesi, uygulama araştırmasının amaçlarına daha uygun olabilir ve nicel yöntemlerdeki son gelişmeler sayesinde daha tutarlı olabilir (Palinkas vd., 2015). Bu çalışmada örneklemin genişletilmesi için kartopu örnekleme yöntemine de başvurulmuştur. Kartopu örnekleme yönteminde belirli bir sonlu popülasyondan rastgele bir birey örneği çekilir. Örneklemden her bireyden popülasyondaki "k" farklı bireyi adlandırması istenir. Burada "k" belirli bir tam sayıdır; örneğin, her bireye "k en iyi arkadaşı" veya "en sık ilişkide olduğu k kişi" veya "en sık görüş almak istediği k kişi" vb. istenebilir. Bu bireyin kendisini k birey listesine dahil edemeyeceği varsayılır. Kişiler tarafından çalışmanın amacına uygun olarak önerilen kişiler araştırma örnekleme dahil edilir (Goodman, 1961). Bu çalışmada araştırmaya dahil edilen kişilerden bazıları amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş bazıları da seçilen bu kişilerin araştırmaya dahil ettiği kişilerden kartopu örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Seçilen kişiler havalimanlarında faaliyet gösteren farklı şirketlere ait çalışanlardır. Katılımcıların mesleki pozisyonları ve deneyimleri Tablo 6.2'de gösterilmektedir.

Tablo 6.2. Katılımcıların mesleki pozisyonları ve deneyimleri

Katılımcılar	Katılımcının Atatürk Havalimanı'ndaki Son Pozisyonu	Katılımcının İstanbul Havalimanı'ndaki Pozisyonu	Toplam Mesleki Deneyim Süreleri (Yıl)
K1	Bir Yer Hizmeti Şirketinde Kalite ve Emniyet Müdürü	Bir Yer Hizmeti Şirketinde Kalite ve Emniyet Müdürü	25 yıl
K2	Havayolu Şirketi Temsilcisi	Emniyet ve Uyumluluk Uzmanı	7 yıl
K3	İstasyon Müdür Yardımcısı	İstasyon Müdür Yardımcısı	16 yıl
K4	Araç Bakım Onarım ve Atölye Yetkilisi	Araç Bakım Onarım ve Atölye Yetkilisi	7 yıl
K5	Stajyer	Hava Tarafı Operasyon Uzmanı	5 yıl
K6	Bir Hava Kargo Şirketinde Operasyondan Sorumlu Yönetici	Bir Hava Kargo Şirketinde Operasyondan Sorumlu Yönetici	25 yıl

6.4. Veri Toplama Yöntemi

Bu çalışmada doküman analizi, yarı yapılandırılmış görüşme ve gözlem yöntemleriyle veri üçgenlemesi yapılarak veri toplanmıştır. Veri üçgenlemesi yöntemi; nitel araştırmalarda algılama yanlışlarını ve geçersiz sonuçları en aza indirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bir çalışmaya çoklu bakış açısıyla bakmak doğruluğu artırma açısından oldukça önemlidir (Işık & Semerci, 2019).

Doküman analizi; nitel araştırmalarda en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Kitaplar, dergiler, günlükler, istatistikler ve yönetmelikler gibi yazılı kayıtların hepsi doküman analizinde kullanılabilir. Doküman analizi yaparken en çok kullanılan adımlar; (Kıral, 2020)

- Dokümana ulaşma
- Orijinal olup olmadığını teyit etme
- Dokümanı anlama
- Analiz etme
- Veriyi kullanma

Bu araştırmada ulusal ve uluslararası alandaki kitaplar, makaleler, dergiler, istatistikler ve internet siteleri kullanılmıştır. Mendeley programında incelenip ve analiz edilerek uygun olanlar araştırmaya katılmıştır.

Araştırmada kullanılan diğer bir yöntem de gözlemdir. Gözlem yöntemi katılımcı ve katılımcı olmayan olarak iki başlık altında incelenmektedir: (Yıldırım, 1999), (Gillham, 2000), (Spradley, 1980)

Katılımcı olmayan gözlem; örneklem olarak seçilen gruptan uzak bir şekilde, gruba dahil olmadan yapılan gözlemdir. Olayların olağan akışı değiştirilmez, sadece bağımsız bir şekilde gözlem yapılır.

Katılımcı gözlemde gözlemci, gözlem yapılan grubun bir parçası olarak grup içerisinde yer alır. Olayların nedenlerinden ve sonuçlarından herkes gibi etkilenir. Grubun diğer üyeleriyle arasında hiçbir fark yoktur.

Araştırmada katılımcı olmayan gözlem yöntemi kullanılmıştır. İstanbul Havalimanı işleticisi olan İGA'dan aprona giriş ve araştırma konusu ile ilgili gözlemde bulunmak için izin alınmıştır. Bir gün boyunca İGA Emniyet ve Uyumluluk Birimi'nden bazı personellerle beraber çeşitli birimler ziyaret edilerek PAT sahalarındaki işleyiş ve akıllı ulaşım araçları gözlemlenmiştir. Gözlemler sonucunda AUS'un emniyete katkıları hakkında veriler toplanmış ve fotoğraflar çekilmiştir.

Yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi bu araştırmada kullanılan diğer yöntemdir. Yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi durum çalışmalarında en sık karşılaşılan yöntemlerden birisidir. Sade ve doğal bir sohbet havasında geçmesi verilerin güvenilirliği açısından aldatici görünebilir. Ancak diyaloglardaki hız, akıcılık ve rahatlık görüşmelere esneklik katar. Bu esneklik, yarı yapılandırılmış görüşmeleri verimli ve doğal bir hale getirir. Yarı yapılandırılmış görüşmenin araştırmalarda kullanılacak en uygun yöntem olduğunu belirlemek için 2 önemli nokta vardır: (Gillham, 2000)

- Araştırmada cevaplanması gereken kilit soruların tespit edilmesi
- Yüz yüze görüşme yaparak bu sorulara cevap bulunup bulunamayacağı

Bu çalışmada toplam 6 kişiyle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşme formundaki sorunların yanı sıra konuşmanın akışına uygun olarak sonda sorular sorulmuştur. Sonda sorular daha fazla ayrıntıya ulaşmak için kullanılmaktadır. Bu görüşmeler çevrimiçi olarak yapılmış olup görüşmeler sesli ve/veya görüntülü olmak üzere kayıt altına alınmıştır. Görüşmelerle ilgili detaylar Tablo 6.3.'te yer almaktadır.

Tablo 6.3. *Görüşmeler hakkında bazı bilgiler*

Katılımcı	Görüşme Yeri	Görüşme Tarihi	Görüşme Süresi
K1	Çevrimiçi	05.04.2022	33 dakika
K2	Çevrimiçi	10.01.2022	26 dakika 3 saniye
K3	Çevrimiçi	05.04.2022	10 dakika
K4	Çevrimiçi	10.01.2022	31 dakika 3 saniye
K5	Çevrimiçi	11.03.2022	30 dakika 27 saniye
K6	Çevrimiçi	18.02.2022	33 dakika 25 saniye

6.5. İnandırıcılık

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik analizleri sayısal göstergelerle kanıtlanmaktadır. Ancak nitel çalışmalarda sayısal veriler yer almadığı için geçerlik ve güvenirlik analizi yapmak zor olmaktadır. Bu sebeple nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik nicel araştırmalardan daha farklı olarak ele alınmaktadır. Nitel çalışmalarda “inandırıcılığı” arttırmak için bazı yöntemler kullanılır (Başkale, 2016). Geçerlik, güvenirlik ve genellenebilirlik nitel çalışmalarda çok dar alanlarda kullanılır. Örneğin tutarlı temalar geliştirmek için farklı araştırmacıların verileri kontrol etmeleri sağlanabilir, bu güvenirliği arttıracaktır. Ayrıca çoklu durum analizlerinde bir konudan elde edilen bilgilerle başka bir konu genellenebilir (Yin, 2003). Bulguların güvenirliğini arttırmak için uygulanması en kolay olandan en zor olana kadar sıralanmış 8 ana strateji bulunmaktadır: (Lincoln & Guba, 1985), (Creswell, 2008)

- Kaynaklardan gelen kanıtları inceleyerek üçgenleme veri kaynakları kullanmak ve temalar için tutarlı gerekçeler oluşturmak.
- Nihai raporu ya da belirli çıktıları katılımcılara geri götürerek araştırmacının katılımcı ifadelerinden doğru anlam çıkarıp çıkarmadığını sorgulamak.
- Bulguları iletmek için yoğun betimlemeler kullanmak gerekmektedir. Bu okuyucuları araştırmaya konu olan ortama taşıyabilir ve anlaşılmayı kolaylaştırır.
- Araştırmacının çalışmaya getirdiği çarpıcı fikirleri netleştirmek gereklidir. Bu kendini yansıtmaya, okuyucularda yankı uyandıracak açık ve dürüst bir anlatı yaratır.
- Ayrıca temalara ters düşen olumsuz veya çelişkili bilgiler sunulması faydalı olabilir. Gerçek hayat, her zaman bir araya gelmeyen farklı bakış açılarından oluştuğu için, karşıt bilgilerin tartışılması, okuyucu için bir anlatımın inandırıcılığını artırabilir.
- Araştırmacının, çalıştığı alanda uzun süre vakit geçirmesi önemlidir. Bu şekilde araştırmacı, incelenen fenomen hakkında derinlemesine bir anlayış geliştirir ve daha güvenilir bilgiler aktarabilir.
- Çalışmanın doğruluğunu arttırmak için eş denetlemeler (uzman incelemesi) kullanılmalıdır. Bu süreç, nitel çalışmayı gözden geçiren ve hakkında sorular soran bir kişinin (bir uzman bilgisi) bulunmasını içerir.

- Tüm projeyi gözden geçirmek için dış denetçi kullanılması faydalı olabilir. Bir önceki maddede bahsedilen eş denetçiden farklı olarak dış denetçi konu hakkında bir ön bilgilendirmeye sahip değildir. Böylece daha objektif bir bakış açısı sağlanabilir.

Bu araştırmada araştırmacı, inandırıcılığı sağlamak adına yukarıda yer alan birçok maddeyi gerçekleştirmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme, gözlem ve doküman analizi yaparak veri üçgenlemesi yapmıştır. Analiz esnasında katılımcıların ifadelerinde net olmayan cümlelerle karşılaşıldığından katılımcılarla tekrar iletişime geçilmiştir. Bulgular anlatılırken konuyu hakim olmayan bir okuyucunun bile anlayacağı biçimde betimlemeler yapılmasına önem verilmiştir. Bu araştırmanın literatüre ne katacağı ayrıntılı bir biçimde anlatılmıştır. Elde edilen verilerden araştırma hipotezlerine ters düşecek olanlara da çalışmada yer verilmiştir. Çalışmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmak için uzman görüşlerine başvurulmuştur. Görüşme soruları ve araştırmanın ana hatları hakkında havacılık alanında çalışmaları bulunan 3 doktor öğretim üyesi ve 1 doçent doktor öğretim üyesinden uzman görüşleri alınmıştır. Yapılan geri bildirimlere göre bazı değişiklikler yapılmıştır. Bunun yanı sıra dış denetçi olarak havacılık alanında 35 yıl deneyime sahip profesör doktor bir öğretim üyesinden görüş alınmıştır. Tüm bunların yanı sıra danışman ve araştırmacı her aşamada fikir birliği içerisinde süreci yürütmüşlerdir. Düzenli toplantılarda araştırmanın her aşaması tekrar tekrar okunmuştur.

Yapılan çalışmanın güvenilirliğini arttırmanın diğer bir yolu ise araştırmacının ilgili alanda yeterli vakit geçirmesi ve konuya hâkim olmasıdır. Bunlardan yola çıkarak araştırmacı, Anadolu Üniversitesi Havacılık Yönetimi bölümünde 4 yıl lisans eğitimi alırken hem yurtiçinde hem de yurtdışında havacılık alanında staj yapmıştır. 2018 yılında mezun olduktan sonra bir yer hizmeti şirketinde hareket memuru olarak çalışmıştır. Daha sonra bir üniversitede “Havacılık Yönetimi İngilizce” bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2020 yılında yüksek lisans öğrenimine başladıktan sonra havacılık alanında uluslararası 2 kongre bildirisi, bir tane TR Dizin makale ve bir kitap bölümü yazmıştır. Bu yayınlar ve mesleki tecrübeleri, alan bilgisinin daha iyi bir noktaya gelmesinde yardımcı olmuştur.

6.6. Etik

Akademik araştırmalar vasıtasıyla üretilen bilginin nitelikli olup olmadığını değerlendirirken göz önüne alınması gereken en önemli unsurlardan birisi etikdir. Her türlü bilimsel araştırmanın etik kurallara uygun olarak yapılması gerekmektedir. Etik kurallar; toplumsal hayatın düzenli olmasını sağlayan, düzensizlikleri ve aksaklıkları engelleyen birtakım değerlerdir. Akademisyenler çalışmalarını yaparken etik kurallara uymaları bilimin ilerlemesi açısından oldukça önemlidir (Akkaya & Yıldırım, 2017). Akademik alanda ilerleyebilmek için araştırma ve bilimsel yayın zorunluluklarının olması bu yayınların ne kadar doğru yapıldığının saptanmasını zor bir hale getirmiştir. Bu yayınlarda yapılan etik ihlaller ya da yanıltıcı bilgiler sadece akademik çevreleri ya da bilim insanlarını değil tüm toplumu ilgilendirmektedir. Çünkü yalan ya da yanlış bir bilginin yayılması araştırma fonlarının ziyan edilmesine, toplumu yanlış bilgiye maruz bırakmaya ve bilimin ilerleyememesine sebep olmaktadır (Ruacan, 2005). Bu araştırma hazırlanırken araştırmacı etik ilkeleri ihlal etmeyecek şekilde çalışmayı yürütmeye özen göstermiştir. Bu hususta aşağıdaki çalışmaları yapmıştır:

- Çalışmaya dahil edilen kişilere bu çalışmanın gönüllülük esasına dayandığı bildirilmiştir. Sözlü ya da yazılı olarak onayları alınmıştır.
- Araştırmaya katkı sağlayan bütün katılımcılara araştırma amacı, konusu, problemi ve metodolojisi hakkında bilgilendirme yapılmış, bu kapsamda görüşmeler tamamlanmıştır.
- Katılımcılar; araştırma kapsamında toplanan verilerin, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacağı, verilerin; araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacağı, gerekmesi halinde kendilerinden (yazılı) izinleri olmadan başkalarıyla paylaşılmayacağı ve arzu ederlerse araştırmanın herhangi bir aşamasında araştırmadan çekilebilecekleri hakkında bilgilendirilmişlerdir.
- Katılımcıların istemesi halinde toplanan verileri inceleme haklarının bulunduğu ve toplanan verilerin kişisel bilgilerin saklanması kanununa uygun olarak veri saklama yöntemi ile korunacağı ve araştırma bitiminde arşivleneceği veya imha edileceği açıkça ifade edilmiştir.

- Çevrimiçi görüşmeler sırasında veri kayıplarını önleyebilmek ve sonrasında deşifre kolaylığı sağlayabilmek adına görüşmelerin kayıt altına alınması hususunda izinler alınmıştır. 6 katılımcının tamamıyla yapılan görüşmeler kaydedilmiştir.
- Araştırmada katılımcıların gizliliğine önem verilerek isimleri, çalıştıkları şirketler açık bir şekilde belirtilmemiştir. İsimleri yerine “Katılımcı” ifadesi kullanılmıştır. Pozisyonu belirtilirken de hangi şirket mensubu olduğu açık bir şekilde yazılmamıştır.
- İstanbul Havalimanı gözlemi için ilgili otoriteden izin istenmiş ve bir günlük geçici apron kartı ile aprona giriş sağlanmıştır. İlgili apron kartına ilişkin görsel Görsel 6.1’de yer almaktadır.



Görsel 6.1. Fotoğraf ve video çekimi için apron giriş kartı

6.7.Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Nitel veriler metinseldir, sayısal değildir ve yapılandırılmamıştır. Kodlama, bu tür verilerin analiz edilmesinde onları organize etmek ve anlamlandırmak için çok önemli bir role sahiptir. Kodlama literatürde farklı isimlerle geçmektedir. Bunlar; veri indirgeme, yoğunlaştırma, damıtma, gruptama ve sınıflamadır. Kodlama temel olarak ortaya çıkan olguların anlaşılmasını kolaylaştırmak ve yeni teorilerin ortaya çıkması için veriler arasında bağlantı kurmaktır. Herhangi bir bilgisayar programı kullanmadan yapılan kodlamalar daha zor ve karmaşık olabilir. Ancak bilgisayar programları kodlamanın daha

kolay ve kısa zamanda yapılmasını sağlamıştır. Böylece daha derinlemesine yapılan kodlar ve çıktılar ortaya çıkmıştır (Basit, 2003).

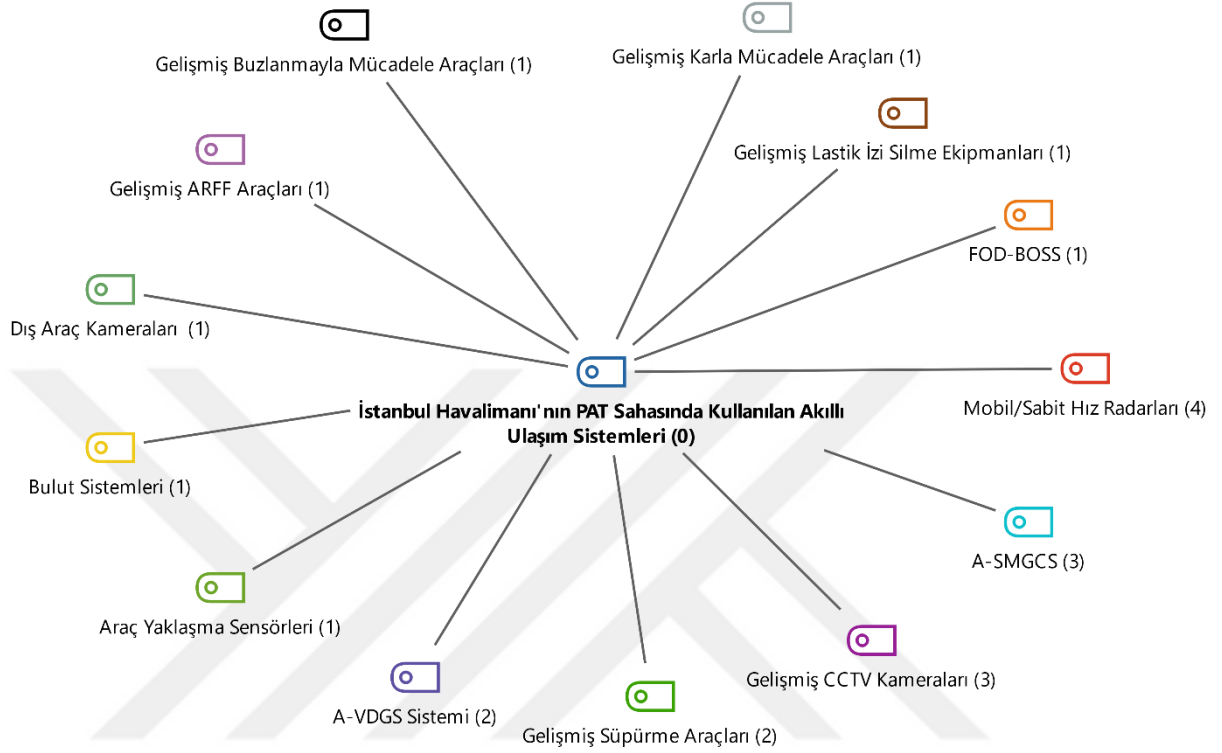
Veri kodlamaya geçmeden önce araştırma sorusunun ortaya çıkardığı büyük resmi iyi düşünmek çok önemlidir. Verileri kodlayarak nitel bir analiz yürütmenin anahtarlarından birisi araştırma sorusundan yola çıkarak bir hikaye geliştirmektir. Hikaye araştırma sorusuyla ilgilidir. Örneğin; “Veriler araştırma sorusuna yanıt olarak neler söylüyor?” sorusunun cevabı araştırmacının yol gösterici bir hikaye elde etmesini sağlayacaktır. Böylece araştırmacı amacını aklında tutarak daha doğru temalar geliştirebilir. Bunun için görüşme dökümlerini en az 1 (ideal olarak 2) kez okuyarak verilere aşina olunması gerekmektedir. Ardından kodlama işlemine geçilebilir. Kodlama, nitel araştırmaların analizinde kullanılan, zaman ve yaratıcılık gerektiren bir süreçtir. Aşağıdaki üç adım bu süreci kolaylaştırmaya yardımcı olacaktır: (Stuckey, 2015)

- Verileri okumak ve bir hikâye oluşturmak
- Verileri kodlara ayırma
- Açıklama ve yorumlama için notların kullanılması

Araştırma esnasında yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen toplam 163 dakika 58 saniyelik ses kayıtları deşifre edilip toplam 37 sayfa görüşme dökümü elde edilmiştir. Bu görüşme dökümleri defalarca okunarak alt kodlar ve kodlar elde edilmiştir. Metindeki ifadeler okunduktan sonra hangi koda ait olduğu belirlenmiştir. Daha sonra birbirine benzerlik gösteren kodlar alt kodları oluşturmuştur. Tüm kodlamalar MaxQDA 2020 programında analiz edilmiştir. Analiz yapılırken “Kod-Alt Kod-Bölümler Modeli”, “Alt Kodların İstatistiği” ve “Hiyerarşik Kod-Alt Kod Modeli” yöntemlerinden yararlanılmıştır.

7. BULGULAR VE YORUM

7.1. İstanbul Havalimanı'nın PAT Sahasında Kullanılan Akıllı Ulaşım Sistemleri



Şekil 7.1. İstanbul Havalimanı'nın PAT sahasında kullanılan AUS

Görüşmelerde katılımcılara İstanbul Havalimanı'ndaki pist, apron ve taksi yollarında kullanılan akıllı ulaşım sistemleri ve bu sistemlerin PAT sahası emniyetine etkileri sorulmuştur. Akıllı ulaşım sistemleri kapsamında kabul edilen sistemler “3.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri Kavramı” bölümündeki tanımlara uygun olarak seçilmiştir. Kullanıcı, araç ve yollar arasındaki işlemleri izleme, ölçme, kontrol ve analiz süreçlerinden en az birine tabi tutabilen sistemler akıllı ulaşım sistemi olarak ele alınmıştır. Katılımcıların bahsettiği akıllı ulaşım sistemleri “İstanbul Havalimanı Apronunda Kullanılan Akıllı Ulaşım Sistemleri” şeklinde kodlanmıştır. MaxQDA 2020 programında yapılan “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” sonucunda 13 farklı alt kod elde edildiği ortaya konmuştur. Bu kodlar Şekil 7.1’de gösterilmiştir ve kaç kişi tarafından

bahsedildiği kodların yanında parantez içinde yer almaktadır. Bu akıllı sistemlerin bazıları tamamıyla yeni teknolojiler olup bazıları da Atatürk Havalimanı'nda kullanılan sistemlerin daha yeni ya da gelişmiş olan versiyonlarıdır. Bu bölümde bu teknolojiler hakkında bilgi verilecektir. Kullanılan akıllı sistemler İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı açısından değerlendirilecektir. Her iki havalimanı arasındaki farklara “Bölüm 7.2” de detaylı bir biçimde yer verilecektir.

7.1.1. Mobil ve sabit hız radarları

Şekil 6.1’de görüldüğü üzere en çok bahsi geçen akıllı ulaşım sistemi “mobil/sabit hız radarlarıdır”. Atatürk Havalimanı hava tarafında hız takibi ile ilgili sistemler yeterli düzeyde değildi. Bu nedenle hız ihlallerinin tespiti ve yaptırımı konusunda eksiklikler yaşanmaktaydı. İstanbul Havalimanı hava tarafında yürütülen operasyonların emniyetini arttırmak amacıyla çeşitli bölgelere konuşlandırılmış mobil ve sabit radarlar bulunmaktadır. 6 görüşmeciden dördü radarların önemine değinmiştir. Radarların emniyeti arttırdığına dair görüşlerden bazıları şu şekildedir;

K1: ... İGA teknolojik açıdan takip sistemleri ile donatılmış. Özellikle hız takip sistemleri var her köşe başında. Bunun caydırıcı bir etkisi var kesinlikle şunu söyleyebilirim...

K3: Alanın çok büyük olması ve buna yönelik hız sınırlarının da çok ciddi anlamda denetleniyor olması kaza oranlarını azalttığını düşünüyorum...

Görsel 7.1’de İstanbul Havalimanı hava tarafında yer alan bazı hız denetim uyarıları gösterilmiştir.



Görsel 7.1. EDS uyarısı ve hız levhası

6 kişiden 3'ü tarafından bahsedilerek ikinci sırada yer alan akıllı ulaşım sistemleri “Gelişmiş CCTV Kameraları” ve “A-SMGCS” tir.

7.1.2. CCTV kameraları

Katılımcılar tarafından gelişmiş CCTV kameralarının hem FOD tespiti için hem de kaza ya da olayların incelenmesi açısından son derece önemli olduğuna değinilmiştir. Atatürk Havalimanı'nda da CCTV kameraları bulunmaktaydı fakat katılımcıların ifadelerine göre çok fazla kör noktaya sahipti. İstanbul Havalimanı'nda ise kameraların görmediği alan miktarı hiç denecek kadar azdır. Gelişmiş CCTV kameralarının emniyete olan etkileri bazı katılımcılar tarafından şu şekilde dile getirilmiştir.

K5: Şu an halihazırda kullandığımız FOD tespit sistemi yok. Ama dediğim gibi genel CCTV'lerden ve benzerleri sistemlerden sağladığımız bilgilerle, uçak kapalı pozisyondayken yani herhangi bir operasyon yokken de kontrol etme şansı sağlıyor...

K3: İstedığımız görüntüye belki de kök neden analizine görüntülerle çok daha rahat ulaşabiliyoruz burada...

7.1.3. A-SMGCS (Gelişmiş Yer Hareketleri Rehberlik ve Kontrol Sistemi)

A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System)'in; bölüm 4.3.1'de de bahsedildiği gibi sağladığı birçok hizmet vardır. Bunlar; Gözetim, Emniyet, Yönlendirme ve Kılavuzluk hizmetleridir. Atatürk Havalimanı'nda kullanılmayan bu sistem İstanbul Havalimanı'nda emniyetin artırılması açısından önemli bir akıllı sistem olarak değerlendirilebilir. Katılımcılar özellikle emniyet hizmetine vurgu yaparak A-SMGCS'in yararlarından şu şekilde bahsetmiştir:

K2: Biz her aprona ya da taksi yoluna çıktığımızda kuleyi meşgul etmemek onların iş yükünü arttırmamak adına bu A-SMGCS sistemi kullanılıyor. Bu sistem takılı olan araçların hızını, lokasyonunu kule kendi ekranında görebiliyor. Araçtaki her birey kendisini ve yanında hareket eden herhangi bir aracı ya da uçağı görebiliyor. Dolayısıyla taksi yolu ihlali ya da pistin uçağın önünden tehlikeli geçişi gibi istemediğimiz durumların önüne geçmiş oluyoruz. Bu çok büyük bir avantaj sağlıyor...

K5: Bu A-SMGCS sistemi ve bunun alt sistemi olan OPSVIEW diye bir sistem daha var. Bizim şu anda araç tabletlerimiz her aracımızın içerisinde, destek personellerinin araçlarında, emniyet uyumluluk personellerinin araçlarında, operasyon personellerinin araçlarında ve ARFF personellerinin araçlarında bulunmaktadır. Bu tabletlerde de dediğiniz gibi bu OPSVIEW sistemi var yani A-SMGCS sistemini bir uzantısı olan. Bu OPSVIEW sistemi üzerinden hangi uçak hangi saatte hangi park pozisyonuna ilerliyor. Biz bunu an be an görüntüleyebiliyoruz. Bütün araçların havalimanındaki hangi taksi yollarından gideceğini, nereye varacağını görebildiğimiz için emniyet arttırıyor. Çünkü apron üzerinde herhangi bir çalışmanız varsa ya da o taksi yolu üzerinde bir çalışmanız varsa bu sistem sizi direk olarak uyarıyor. Biz onları kontrol ederek, takip ederek bu çalışmaları yönlendirmeleri daha rahat yapıyoruz...



Görsel 7.2. Kontrol merkezlerindeki A-SMGCS ekranı



Görsel 7.3. Araç içinde bulunan A-SMGCS ekranı

“Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” sonucunda en çok kişi tarafından 3. sırada bahsedilen AUS sistemleri “Gelişmiş Süpürme Araçları” ve “A-VDGS” tir.

7.1.4. Gelişmiş süpürme araçları

Gelişmiş süpürme araçları, çevre, emniyet ve konfor odaklı olarak tasarlanmıştır. Elektronik hız kontrol sistemine sahip bu araçların hem gürültü hem de yakıt tüketimi seviyesi oldukça azdır (Holder, 2022). Süpürme araçları Atatürk Havalimanı’nda da kullanılmaktaydı fakat İstanbul Havalimanı’nda daha akıllı araçlar kullanılarak emniyet, verimlilik ve çevreye katkı arttırılmıştır. FOD konusunda büyük faydalar sağlayan bu araçlar hakkında Katılımcı 5’in görüşleri şu şekildedir;

K5: ...destek hizmetlerinin altında Muvo araçları var. Muvo ve Koluman bunlar marka aslında. Muvo daha küçük. Hatta belediyelerde atom karınca olarak adlandırılan sistemlere benziyorlar. Bunlarla da yine FOD için 7/24 park pozisyonlarında yani boşalan her park pozisyonunda temizlik yapılıyor. Uçak çıktıktan sonra bizim Muvolar'ımız tek tek girip temizlik gerçekleştiriyorlar buralarda...

7.1.5. A-VDGS (Advanced Visual Docking Guidance Systems)

“A-VDGS Gelişmiş Görsel Yanaşma Yönlendirme Sistemleri; farklı çalışma koşullarında emniyetli, verimli ve hassas otomatik uçak parkını desteklemek için pilotlara aktif rehberlik sağlar. Otomasyon, hata olasılığını azaltarak daha emniyetli bir operasyon sağlar. Pilotların kendi kendine park etmesine izin verilmesi, yanaşma sürecini hızlandırır. Uçaklar her türlü hava koşulunda daha hızlı park edilir, yakıt tüketimi ve emisyonlar azaltılır (ADB Safegate, 2022). Uçakların otomatik olarak park edilmesine yardımcı olan bu sistem Atatürk Havalimanı’nda da kullanılmaktaydı. Ancak İstanbul Havalimanı’nda kullanılan sistem kadar gelişmiş değildi. İstanbul Havalimanı’nda bulunan A-VDGS’in önemi katılımcılar tarafından şu şekilde belirtilmiştir;

K6: Eskiden işte marshalling dediğimiz olayla uçak çağrılırdı. Şimdi bu çağrı da elektronik ortamda oluyor. Yani birçok şeyde teknolojiye dayanılmaya başlandı. Tabi ki bunun faydasını çok net görüyoruz...

K5: ...VDGS bir çeşit parklama sistemi. Uçak parklama sistemi. Oradaki (Atatürk Havalimanı) direk VDGS bizdeki A-VDGS. Oradaki A Advanced'ten geliyor...Bu kapsamda kızıl ötesi sistemi gibi bir sistemle uçak tarama işlemi gerçekleştiriliyor. Daha sonra uçak tipi algılanıyor. Algılandıktan sonra hangi noktada durması gerektiği belirleniyor. Tabi apron planları vb. planların hepsi bu sisteme yüklü. Uçağın hangi park pozisyonunda durması gerektiğini o size belirliyor. Daha sonra sizi yaklaştırmaya başlıyor. Eğer bu sistemin önünden herhangi bir cisim, herhangi bir FOD, uçağa zarar verebilecek herhangi bir şey geçtiği zaman sizi bu sistem uyarıyor. Direkt olarak orada yazıyor: “FOD detected” yani orada FOD tespit edildi. Direkt olarak uçağı durduruyor “STOP” diye ve orada size bütün bilgileri ekrana yansıtıyor...



Görsel 7.4. Bir A-VDGS ekranı (Heathrow Airport, 2020)

7.1.6. Gelişmiş karla mücadele araçları

İstanbul Havalimanı'nın pist, apron ve taksi yollarında farklı büyüklüklerde, gelişmiş karla mücadele araçları kullanılmaktadır. Katılımcıların ifadelerine göre Atatürk Havalimanı'nda kullanılan karla mücadele, buzlanmayla mücadele, lastik izi silme ve ARFF araçları daha eski yazılımlara sahip araçlardı. Çoğunlukla kiralama yöntemiyle havalimanına getiriliyorlardı. İstanbul Havalimanı'nda kullanılan araçlar ise Euro 6 yazılıma sahip yeni teknolojilere uygun araçlardır. Karla mücadelede gösterdikleri

performans sayesinde gelişmiş karla mücadele araçları emniyeti arttırmada önemli bir unsur olarak gösterilebilir. Bu konu hakkında Katılımcı 4'ün görüşleri şu şekildedir:

K4: RS400 ve RSC250 var. Bu kar küreme araçları şöyle çalışıyor: Önden karı kürüyor. Karı küredığı zaman orta taraftan küremiş olduğu karı fırça ile atıyor. Fırça ile attığı zaman zaman bir tık gerisinde o fırçayla attığı yeri üflüyor.... Hem küreme yapıyor hem fırça yapıyor hem üflüyor. TV 1000 var o da en arkadan geliyor. En arkadan gelirken onların toplamış olduğu karı en sağ taraftan kanala atıyor. Havalimanının içerisinde ve pistin içerisinde kanallar var.



Görsel 7.5. RS400 kar küreme aracı (Aeroexpo, 2022)



Görsel 7.6. TV 1000 karla mücadele aracı (Overaasen, 2022)

7.1.7. Gelişmiş buzlanmayla mücadele araçları

Gelişmiş buzlanmayla mücadele araçları; buzlanma sonucunda oluşabilecek emniyetsiz olayların önüne geçmek amacıyla PAT sahalarında kullanılmaktadır. Görsel 7.7’ de PAT sahalarında buzlanmayla mücadele aracı gösterilmektedir.



Görsel 7.7. PAT sahalarında kullanılan buzlanmayla mücadele aracı (Damman, 2022)

K4: ... Kar küremeden sonra Dammanlar çıkıyor. Damman dediğimiz marka. Pist, taksi yolu ve kenarlara yer “de-icing” i atıyoruz. Yaklaşık olarak 1 saat kadar 45 dakikada etkili oluyor. 1 saat kadar yerde duruyor buzlanmaya karşı. Uçak “de-icing” i değil bu karıştırırlar bunu bazen. Yer “de-icing”i bu yere atıyoruz. Donmasın diye. Havanın şartlarına, iklim koşullarına göre yerde kalma süresi değişiyor. Bizde bunlardan da var 10 tane kadar...

7.1.8. Bulut sistemleri

Bulut sistemiyle takipleri yapılan hava tarafında kullanılan bazı araçların durumları, bakımları ya da arızaları üretici firma tarafından görüntülenmektedir. Katılımcıların görüşlerine göre İstanbul Havalimanı’nda kullanılmaya başlanan yeni araçlarda bulut teknolojisi kullanılmaktadır. Görsel 7.8’de bulut takip sistemiyle takip edilen bir aracın

üzerindeki uyarı gösterilmektedir. Bu sistem Katılımcı 4 tarafından şu şekilde açıklanmıştır;

K4: ...Bu program follow me araçları ve aprondaki karla mücadele araçları olmak üzere tüm araçları kontrol etmektedir. Bu bulut sistemi, lastik havalarına ve periyodik bakımlarına kadar birçok bilgiyi barındırıyor...Garanti kapsamında olduğundan dolayı araçları takip ediyorlar. Çalışma saatlerini, araçların yılda kaç saat çalıştığını, ne kadar çalıştığını görüyorlar. Bakım periyotlarını, bakım zamanlarını görüyorlar hem de kilometre olarak çalışma saatini görüyorlar. Bunun haricinde kar bıçağı, fırça,ve blower dediğimiz üfleme alanındaki hangi bölümün ne kadar çalışmış olduğunu gösteren bir grafik çıkıyor. Bu bilgiler Norveç'e gidiyor. Ayrıca arızalı durumda kendilerine arıza kaydı gidiyor. Arıza kaydı gidince mesela akü gerilimi düşük olsa da arıza kaydı gidiyor. Farklı bir arıza olduğu zaman da arıza kaydı gidiyor. Arızalı yeri bize bildiriyorlar.



Görsel 7.8. Aracın bulut sistemiyle takip edildiğini gösteren bir uyarı

7.1.9. Araç yaklaşma sensörleri

Hava tarafı operasyonları sırasında yaşanabilecek çarpışmaların önüne geçmek için araçlara çarpışma sensörlerinin takılması önemlidir. Hem Atatürk hem de İstanbul Havalimanı'nda kullanımı yaygın olan yaklaşma sensörlerinin kullanımının hızla artması

beklenmektedir. Durumsal farkındalığı arttırarak emniyeti de arttıran bu sensörler kazaların yol açabileceği yüksek maliyetlerin önüne geçebilir. Bu durum “Katılımcı 3” tarafından şu şekilde açıklanmıştır;

K3: ...Merdiven ve konveyörlere yaklaşma sensörleri takıyoruz. No-touch policy var yani dokunma anında ekipman artık kendini durduruyor. Her şeyden önce bildiğiniz gibi en maliyetli ve en riskli şey uçak kazası ve uçaklara ekipmanların temas etmesidir. Bunu önlemek için yapılan bir çalışma bu. Bunun tüm şirketlere yayılmasının apron emniyeti konusunda ve uçak kazaları konusunda ciddi anlamda bir iyileştirme sağlayacağını düşünüyorum...

7.1.10. Dış araç kameraları

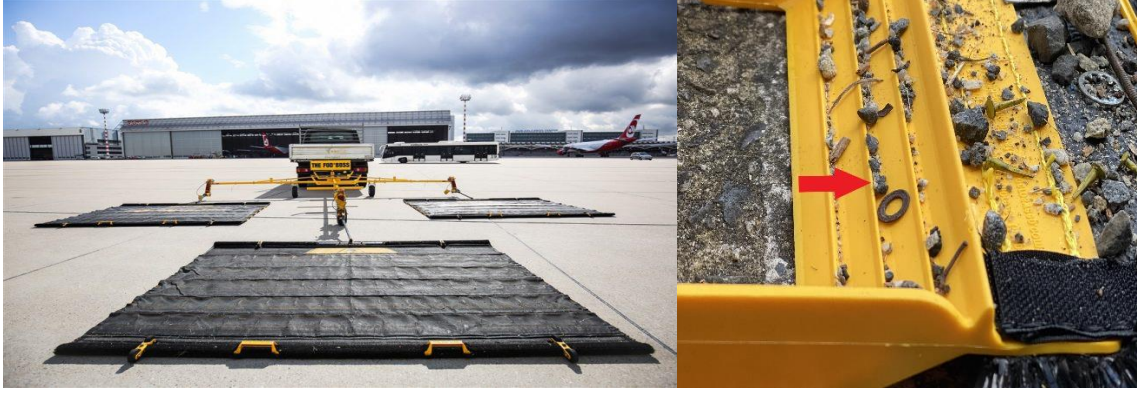
İstanbul Havalimanı’nda dış araç kameraları yaygın olarak kullanılmaktadır. SHGM tarafından havalimanı paydaşlarının araç kameraları takmaları teşvik edilmektedir. Araç dışı kameraların emniyete etkileri “Katılımcı 5” tarafından şu şekilde açıklanmıştır;

K5: Araç dışı kameralar kaza ya da olay anında ihlallerin tespiti açısından önem taşımaktadır. Gerek duyulduğunda görüntüler ilgili birimler tarafından izlenip gerekli aksiyonlar alınmaktadır. Kaza ya da olay dışında keyfi olarak izlenmemektedir. Araç içi kameralar henüz devreye girmemiştir.

7.1.11. FOD-BOSS

FOD-BOSS ekipmanları, PAT sahalarında oluşan FOD’nin ortadan kaldırılması amacıyla kullanılmaktadır. Farklı araçların arkasına takılabilen bu ekipmanlar Görsel 7.9’da gösterilmektedir. FOD-BOSS’un çalışma prensibi “Katılımcı 4” tarafından şu şekilde açıklanmıştır;

K4: ...biz FOD-BOSS yapıyoruz. Araçların arkasına böyle bir halı gibi FOD-BOSS halısı seriyorlar. Küçük minik taşları topluyorlar...



Görsel 7.9. FOD-BOSS aracı (Aerosweep, 2022)

7.1.12. Gelişmiş lastik izi silme araçları

Frenleme testi yaparak pist üzerindeki sürtünmenin ölçülmesini sağlayan skiddometre araçları (bkz Görsel 7.10), lastik izlerinin temizlenmesi gerekliliği hususunda bilgi sağlamaktadır. İniş ve kalkışlar sonucunda zaman içerisinde pistlerde oluşan lastik izleri Görsel 7.11’de gösterilmiştir.



Görsel 7.10. İstanbul Havalimanı’nda kullanılan bir skiddometre aracı



Görsel 7.11. Pist üzerindeki lastik izleri (Kamat, 2022)

“Katılımcı 4” frenleme testinin ve lastik izi temizliğinin önemini şu şekilde açıklamıştır;

K4: ...2 tane lastik izi silme aracı var...skiddometre denilen frenleme testi alıyor “follow me”ci arkadaşlar... Uçak teker koyduğu zaman, zemine teker koyduğu zaman belirli bir süre sonra tekerdeki o madde aslında asfaltın içine giriyor. Kauçuk asfaltın içerisine giriyor. Bu asfaltın içine giren kauçuk yüzünden frenleme testi olması gereken toleransların dışında çıkıyor. Sonra hemen lastik izi silme devreye giriyor. Pisti lastik izlerinden temizliyorlar. İnanır mısınız yaklaşık olarak 150, 200 kg lastik plastik kauçuk topluyorlar. O asfaltın içinden o partikülleri öyle topluyorlar ki o ince partikülleri. Sonra tekrar bir frenleme testi alıyorlar. Fren testi istenilen değere geliyor. Lastik izi silme çok önemli havalimanlarımızda. Frenleme gücünü direkt olarak etkiliyor. Biz burada her 15 günde bir frenleme testi alıyoruz...

7.1.13. Gelişmiş ARFF araçları

İstanbul Havalimanı’nda son derece gelişmiş kurtarma ve yangınla mücadele araçları bulunmaktadır. Bu araçlardan bazıları Görsel 7.12’de gösterilmiştir “Katılımcı 4” tarafından İstanbul Havalimanı’ndaki yangınla mücadele düzeyi şu şekilde anlatılmıştır.

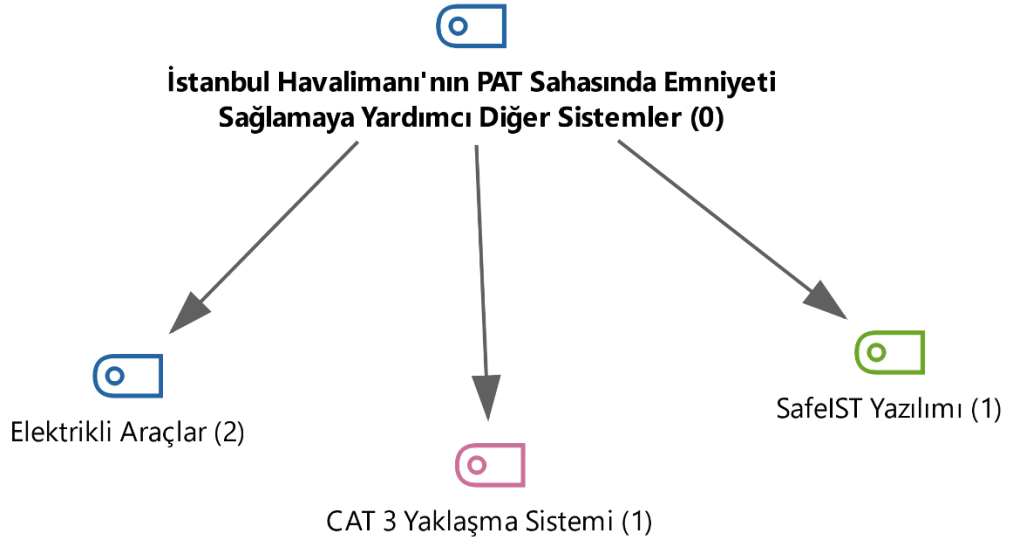
K4: ...Bizim ARFF istasyonlarımızda kategori 10 kullanılıyor. Allah göstermesin en büyük yangınlarda kategori 10'a sahibiz. Yani büyük yangınları söndürecek potansiyele, ekiplere ve ekipmanlara sahibiz...



Görsel 7.12. İstanbul Havalimanı ARFF araçları (Volvo Trucks, 2019)

7.2. İstanbul Havalimanı'nın PAT Sahasında Emniyeti Sağlamaya Yardımcı Olan Diğer Sistemler

Katılımcılar tarafından belirtilen PAT sahasında emniyeti arttırmaya yarayan sistemlerin hepsi akıllı ulaşım sistemleri kapsamında değerlendirilememektedir. Bu sistemler Şekil 7.2'de "Hiyerarşik Kod-Alt Kod" modeli olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. 2. İstanbul Havalimanı'nın PAT Sahasında emniyeti sağlamaya yardımcı diğer sistemler

7.2.1. Elektrikli araçlar

Elektrikli araçlar emniyet kapsamında 2 kişi tarafından dile getirilmiştir. Atatürk Havalimanı'nda yaygın olarak kullanılmayan elektrikli araçların en büyük katkıları çevre ve emniyet konusundadır. Görsel 7.13'te İstanbul Havalimanı'nda şarj olan elektrikli bir araç yer almaktadır. Görsel 7.14'te ise İstanbul Havalimanı'nda kullanılan elektrikli bir araç ve şarj ünitesi gösterilmektedir.

Yer hizmeti araçlarında büyük bir teknolojik ilerleme yaşanmamış olsa bile çoğunun elektrikli araca çevrilmesi dikkat çeken bir ifade olmuştur.

Araştırmacı: Peki yer hizmetleri açısından aynı araçlar buraya mı taşındı? Yoksa burada farklı, yeni kullanıma açılan araçlar oldu mu?

K3: Yani hemen hemen aynı araçlar. Sadece dizelden elektrikliye geçiş araçlarımız oldu. Çoğunu artık elektrikli kapsamda yapıyoruz. Ama iyileştirmeler yapıyoruz ekipmanlar üzerinde

Öte yandan elektrikli araçların emniyete katkısı “Katılımcı 2” tarafından şu şekilde dile getirilmiştir;

K2: ...Atatürk Havalimanı'nda elektrikli yakıt araçları yani hidrant araçları yoktu. Hepsi egzoz sistemine sahipti. Kurallarda egzozlu araç kullanmayın denilmemiştir sadece

bu riski göz ardı etmeyin demiştir. Çünkü Allah korusun herhangi bir yakıt dökülmesinde egzozdan çıkacak bir sıcak hava tutuşmaya sebep olacaktır. Burada elektrikli araçlar sayesinde bu egzoz sistemi olmadığı için bu riski ortadan kaldırmış oluyoruz...



Görsel 7.13. *İstanbul Havalimanı'nda şarj olan elektrikli bir araç*



Görsel 7.14. *İstanbul Havalimanı'nda kullanılan elektrikli bir araç ve şarj ünitesi*

7.2.2. CAT 3 yaklaşma sistemi

ILS görüşün düşük olduğu durumlarda pilota referans sağlayarak emniyetli bir inişe yardımcı olur. Localizer, Glide Slope/Glide Path ve Markerların yardımıyla ILS, alet alçalması sırasında, inilecek olan ilgili pist konfigürasyonu için dikey ve yatay olmak

üzere bilgi vererek, hatasız şekilde yaklaşma ve inişi sağlar (Kaba & Ürgün, 2019). CAT 1, CAT 2 VE CAT 3 sistemleri; bir aletli yaklaşma usulü olan ILS'in (Instrument Landing System) bir kategorileridir. Bu 3 kategori arasında CAT 3 pist görüş mesafesinin ve karar yüksekliğinin en düşük olduğu durumlarda yaklaşmayı mümkün kılar. Atatürk Havalimanı'nda CAT 3 yaklaşma sistemi bulunmamaktaydı. Ancak İstanbul Havalimanı, CAT 3 yaklaşma sistemine sahip bir havalimanıdır. Bu hususta "Katılımcı 4" şunları söylemiştir;

K4: ... Bizim havalimanımızda 0 görüşte CAT 3 programıyla uçak kendisi inebiliyor. Bunun kötü hava şartlarında emniyeti arttırdığı söylenebilir.

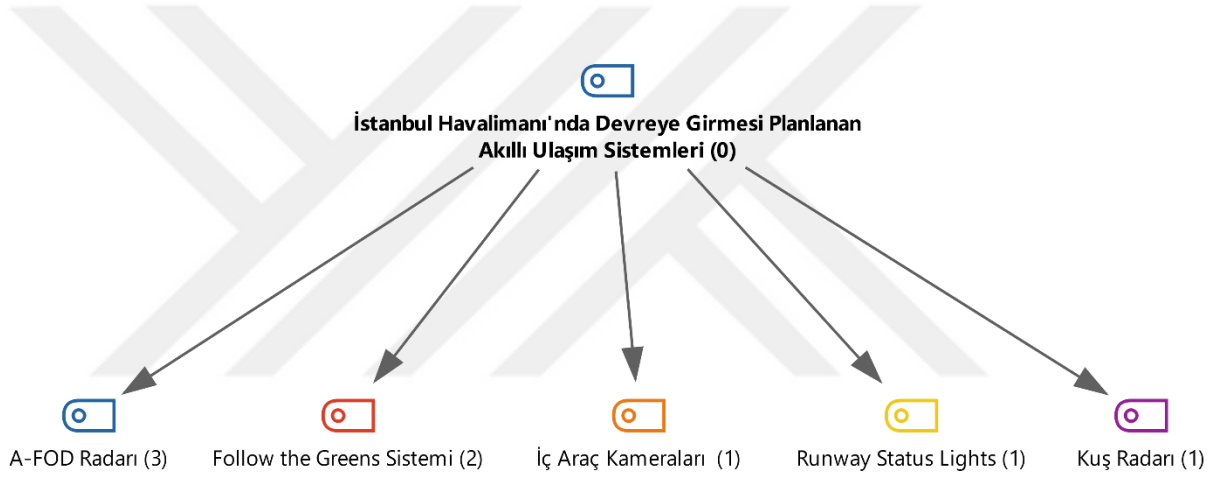
7.2.3. SafeIST yazılımı

SafeIST Yazılımı, hava tarafı operasyon direktörlüğü bünyesindeki tüm süreçlerin daha verimli ve erişilebilir bir şekilde akışını sağlamak için geliştirilmiştir. Kağıt tüketimi ve atık oluşumunu azaltarak çevresel ve finansal açıdan tasarruf sağlamaktadır. SafeIST Yazılımı; hava tarafı emniyet süreçlerinde tespit edilen aksaklıkların düzeltilmesini hızlandırmak ve verimliliğin artırılmasını sağlamak için İstanbul Havalimanı'nda kullanılan önemli bir sistemdir. Atatürk Havalimanı'nda kullanılmayan bu sistem hakkında "Katılımcı 2" şunları söylemiştir;

K2: SafeIST yazılımı... Bizlerin, burada hava tarafı operasyon direktörlüğü ve ona bağlı olan müdürlüklerin, kontrol süreçleri mevcut. Bu yazılımdan önce yazılı kağıt üzerinden kayıt altına alınıp onay süreci başlıyordu. Bizler burada bu süreçleri online yazılım platformuna tanımlayıp bunların datalarını hazırlıyoruz. Hangi uçak tiplerinin olacağını, hangi park pozisyonlarında hangi durumların söz konusu olacağını... Çünkü alan çok büyük, bir pozisyonda mesela farklı bir uygulama olabiliyor. Kullanıcı için de bunun farkındalığını oluşturmak adına çok sağlam bir altyapı çalışması hazırlandı bizim ekibimiz tarafından. Özellikle bizlere de çok büyük katkısı oldu bu yazılım çalışmasının. Ayrıca bunu kullanıcı için hem bir kütüphane hem bir ansiklopedi tarzında bir çalışma yaptık. Yani işte "runway guide lights" tıkladığında o ışığın ne işe yaradığını, görselini de aynı şekilde biz yazılıma ekledik. Bizim süreçlerimizden bir tanesi; apronda ya da pist de tespit edilen herhangi bir uygunsuzluğun, örnek veriyorum belki bir bilgilendirme

levhası, kaptanların taksi yolunda hareket ederken sarı levhalar var ya hangi lokasyonda bulunduğunu gösteren, bazen yanmayabiliyor bunların tespiti olduğunda ilgili birime nasıl bir aksiyon alınacağı... direkt ona bir mail sistemi ile entegrasyonları sağlandı. Daha önceden çünkü ofise geliniyordu, buradan atılıyordu, telefon açılıyordu daha önem derecesi düşük bir şeyse. Ama böylece sunları belirlemiş olduk: tespit edilen bir uygunsuzluğun ne aşamada olduğunu, sürecin ne aşamada ne zaman sonuca kavuşacağını, iş planında olup olmadığını. Paydaşların herhangi bir şekilde iş yükünü arttırmaktan ziyade evet bakın biz de bunu bulduk mesajı vermiş olduk karşıya da. Onların hiç iş planında olmayıp bizim tespit ettiğimiz şeyler de çıkabiliyor.

7.3. İstanbul Havalimanı'nda Devreye Girmesi Planlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri



Şekil 7.3. İstanbul Havalimanı'nda devreye girmesi planlanan akıllı ulaşım sistemleri

Katılımcılardan bazıları İstanbul Havalimanı'nda devreye girmesi planlanan bazı akıllı ulaşım sistemlerinin emniyeti arttırmaya büyük katkıları olacağını belirtmiştir. Bu sistemler Şekil 7.3.'te "Hiyerarşik Kod-Alt Kod" modeli olarak gösterilmiştir. Hangi sistemden kaç kişinin bahsettiği parantez içerisinde gösterilmiştir. Bu hususta en çok kişi tarafından dile getirilen uygulama A-FOD radarıdır.

7.3.1. A-FOD radarı

A-FOD radarı İstanbul Havalimanı'nda uçuş operasyonu emniyetini arttırmak için üretilen, 18-36 pistinde yer alan ve yapay zeka teknolojisiyle geliştirilmiş bir radardır. Bu radar (bkz. Görsel 7.15), pist kenarlarına konuşlandırılmış detektörler vasıtasıyla pist

üzerinde tespit edilen FOD'ye ait lokasyon ve kategori bilgilerini vermektedir. Bu kapsamda katılımcılar şu şekilde bilgiler vermiştir;

K2: ...A-FOD radarı şu an Türkiye'de Gazipaşa havalimanında kurulu, Londra'da tam emin değilim Heatrow ya da Gatwick her ikisinden bir tanesini kurulu. Pist üzerindeki herhangi bir FOD'nin ya da çatlağın, herhangi bir kuş ölüsünün onu da FOD olarak düşünebiliriz ebatını gözünüzün önünde canlandırın diye açıklıyorum örnekleri. Bu radarları yapay zeka teknolojisi ile pistin kenarına kurulan istasyonlar ve buna bağlı kamera dedektörleri olarak düşünebilirsiniz. Bunlar vasıtasıyla GPS'te tespit edilen FOD'nin nerede olduğunun datasını alabiliyoruz. Şu an bu istasyonlar kuruldu henüz canlıya geçilmedi yani çalıştırılma aşamasına geçilmedi. O da önümüzdeki aylarda gerçekleşecek ve bu bizim için çok büyük avantaj. Burada bir vardiyada ortalama 40 ya da 50 kez piste giriş-çıkış yapılıyor. Burada görevli arkadaşlarımız pist kontrollerini yapıyorlar ama işte hani insan faktörü yüzünden hani Allah korusun gözden kaçabilir. Çünkü pist yüzeyi yağışlı havada farklı, gece farklı oluyor bunun önüne geçebilmek adına bizim için çok büyük olacaktır...

K4: ... dijital kameralarla FOD havada uçuğu zaman fotoğrafını çekerek yakalıyoruz. Pistte bir naylon poşet uçu, kağıt uçu, bir drone gözüktü diyelim. Mükemmel bir fotoğraflama, mükemmel bir FOD sistemi var. Bu hem sesli uyarı hem görsel olarak anında pistte hangi arkadaş görevli ise oraya direkt olarak gidebiliyor. O fotoğraftakinin direkt olarak yanına gidebiliyor, metresine kadar ulaşabiliyor. Naylon poşet uçu, havalandı, pistte uçuyor hemen yakalayabiliyorlar. O FOD radarı ile yakalayabiliyorlar...



Görsel 7.15. *İstanbul Havalimanı'ndaki bazı A-FOD radarları*

7.3.2. “Follow the Greens” sistemi

“Follow the Greens” Sistemi, taksi yapan uçaklar için yenilikçi bir rehberlik sistemidir. Uçağın önündeki taksi yolu merkez hattı ışıklarının otomatik olarak yakılmasıyla ve ihtiyaç duyulmayan alanlardaki ışıkların otomatik olarak kapatılmasıyla, uçuş ekibine havalimanı yüzeyinde taksi yapma sırasında rehberlik göstergeleri sağlanır. Bu sistem özellikle pilotların ilk kez geldiği havalimanlarında yollarını bulmalarını büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Kontrolörlerin iş yükünü azaltarak durumsal farkındalığı arttıran “Follow the Greens” sistemi PAT sahalarında otomasyon kullanımında önemli bir kilometre taşıdır (Follow The Greens, 2022). “Follow the Greens” sistemi hakkında katılımcıların görüşleri şu şekildedir;

K2: ... bizim projelerimizden bir tanesi “Follow the Greens”. Uçak piste teker koyduktan sonra armatür dediğimiz yerde gömülü ışıklar var. Mesela taksi yollarının kenarlarında mavi, pist üzerindkiler beyaz ışık olabilir. Uçak indikten sonra kule tarafından ekrana bir rota çiziliyor, tamamıyla kaptan önündeki ışıkların takibini yapıyor. Yani önünde herhangi bir follow me aracı olmadan yanıp sönen o ışıkları takip ederek hangi park pozisyonuna gitmesi gerekiyorsa gidiyor. Bu şekilde bir uygulama gerçekleşecek ilerleyen süreçte.

K5: ...Bu “Follow the Greens” dediğimiz sistem de şu şekilde ilerliyor. Örneğin uçak iniş yapıyor. İniş yaptıktan sonra, örneğin A8 park pozisyonuna gidecek. 3/6 pistine indi diyelim ki Golf tarafından çıktı buradan çıktığından itibaren A8 park pozisyonuna gidene kadar gittiği bütün yollarda sistem ışıkları kendisi yakıp söndürerek kendisi kontrol sağlıyor. Çünkü herhangi bir uçak çakışması olmaması için örneğin o esnada N1 taksi yolundan geçen uçak varsa bizim bu önceki inen uçağımızda N1 öncesinde durması için stop barları yakıyor. Yani ara bekleme pozisyonu ışığını yakıyor ve bunu sistem kendisi yapıyor. Bütün uçakları tek başına kontrol edebilme şansına sahip. Tabi burada hava trafik kontrolünün denetiminde gerçekleşiyor bütün bu süreçler. Ekstrem bir durum olduğunda hava trafik kontrolörleri araya girip bunları devam ettirebilme şansına da sahip. Öncelikleri verebilir, öncelik sıralamasına sokabilir yani...

7.3.3. İç araç kameraları

İç araç kameraları kaza ya da olayların görüntülenerek bunlara sebep olan unsurların belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Sürücülerin araç içindeki fiziksel ya da psikolojik durumlarının gözlenebilmesi insan faktörünün azaltılması için önemli bir adım olabilir. Yer hizmetlerinde araç içi kameraların kullanımıyla ilgili Katılımcı 1’in görüşleri şu şekildedir.

K1: ...Şu anda SHGM’nin bizden beklentisi, İGA vasıtasıyla taleplerinden bir tanesi de araç içi kameralar. Şimdi biz 15 aracın içerisine kamera takıyoruz. Bu sistemleri takip edeceğiz bakalım ne işimize yarayacak diye bu yılın sonunda sizinle tekrar konuşup bunların herhangi bir emniyet iyileştirmesi sağlayıp sağlamadığıyla ilgili bir öngörüş sunabiliriz. Ama tamamında yok şu an kameralar. Bu bir talep olarak iletildi bize hem İGA hem sivil havacılık tarafından. O yüzden yer hizmetleri şirketleri de en çok hareket eden bir grup araca bunu takip denemeye karar verdi...

7.3.4. Pist durum ışıkları (Runway status lights)

Pist Durum Işıkları anlamına gelen Runway Status Lights, havalimanı operasyonlarına müdahale etmeden pist ihlallerinin sayısını ve şiddetini azaltmak ve pist kazalarını önlemek için tasarlanmış tam otomatik bir tavsiye sistemidir. Mevcut

prosedürlerle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır ve Pist Giriş Işıklarından ve Kalkış Bekleme Işıklarından oluşur. Sistem, pist kullanımının doğru ve zamanında gösterilmesi yoluyla hava mürettebatı ve araç operatörünün durumsal farkındalığını geliştirmeyi amaçlamaktadır (FAA, 2022). Yakın zamanda İstanbul Havalimanı'nda kullanıma girecek olan “Runway Status Lights” hakkında Katılımcı 2'nin görüşleri şu şekildedir:

K2: Runway Status Lights'lar tamamıyla kule kontrolünde olup pist kenarındaki taksi yollarında bulunacaklar... Aynı trafikteki bizim bildiğimiz kırmızı, yeşil ışıklar gibi düşünebilirsiniz. Dört yol ağzı düşünün. Pist üzerinde herhangi bir uçak varsa kule tarafından kırmızı ışık yakılıyor... Kule onay verdiğinde bu ışığı yeşile döndürüyor ve bu kalkış müsaadesi verdiği anlamına geliyor. Bu 36-18 pistimizde olacak. FOD radarının olduğu pistte olacak...

7.3.5. Kuş Radarı

Kuş Radarı, havalimanı için konumlandırıldığı en uygun noktadan kuşların konumlarını ve hareket şekillerini tespit etmektedir. 7/24 toplanan veriler havalimanı ve çevresindeki kuş hareketliliğini ve rutinini anlamaya yardımcı olmaktadır. Kuş Radarının yakın bir zamanda İstanbul Havalimanı'nda devreye girmesi beklenmektedir. Şu anda farklı yöntemlerle kuş ve diğer hayvanlar havalimanından uzaklaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu hususta Katılımcı 2'nin ifadeleri şu şekildedir:

K2: Havalimanı içerisinde kuşlarla ilgili, sizlere de göstermiştim, alet ekipmanlarımız mevcut lazerlerimiz var bir buçuk kilometre menzilli kuşun gözüne herhangi bir zararı bulunmayan uluslararası standartlardan geçmiş bir ürün. Bunları kullanıyoruz. Kuş topları var. Bizim kendi araçlarımız da siren sistemleri var. Kuşların o alandan geçmesi gereken tarafa doğru hareket etmesini sağlayan kuş siren sistemlerimiz mevcut burada. Ornitologlar var kuş hareketlerini izliyor. 4 kişi var burada şu an. Kuş hareketlerini izliyorlar...

7.4. Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı Karşılaştırılması

7.4.1. Atatürk Havalimanı

Atatürk Havalimanı'nın kökeni 1912 yılında açılan Türkiye'nin ilk hava meydanına dayanmaktadır. 1944 yılında Chicago'da imzalanan Uluslararası Sivil Havacılık

Anlaşmasından sonra, İstanbul/Yeşilköy’de uluslararası bir havalimanı yapılmasına karar verildi. 1949’da başlayan inşaat, 1953’te tamamlandı. Böylece 1953’te o zamanki adıyla Yeşilköy Havalimanı olarak hizmete girdi. 1971 yılında bir master plan uygulamaya kondu. Birçok açıdan geliştirilen havalimanının dış hatlar terminali 1983 yılında işletmeye açıldı ve 1985 yılında Atatürk Havalimanı adını almıştır. Havalimanının kargo terminali tesisleri 1993 yılında açılmış olup artan yolcu trafiği nedeniyle yap-işlet-devret modeliyle yeni bir dış hatlar terminali yapılmasına karar verilmiştir. Bu yeni terminal 2000 yılında hizmete girmiştir. 7R/35L, 17L/35R ve 05/23 pistlerine sahip olan havalimanı CAT 2 yaklaşma sistemine sahiptir (DHMİ, 2022). Atatürk Havalimanı’nın hem hava hem de kara tarafı 1996 yılına kadar Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) tarafından işletilmekteydi. Yeni havaalanı yapımı ve genişletilmesi için gerekli finansman, Demiryolu Liman ve Havaalanı İnşaatı (DLHİ) Genel Müdürlüğü ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü kanalı ile devlet tarafından karşılanmaktaydı. Ancak 1996 yılında Yap-İşlet-Devret modeli devreye girmeye başlamıştır. Önce Antalya Havalimanı daha sonra da Atatürk Havalimanı’nın dış hat terminalleri özel sektör tarafından inşa edilmiştir (Oktal, 2018). 1997’de ihale edilen “Atatürk Havalimanı Yeni Dış Hatlar Terminal Binası ve Katlı Otopark Müteahhimleri” projesi 2000 yılında hizmete girmiştir. Bu proje Tepe-Akfen-Vie (TAV) ortaklığında 3 yıl 8 ay 20 gün süre ile üstlenilmiştir. 2005 yılında yapılan yeni ihale ile tesis 15 yıl 6 ay süreyle tekrar TAV ortak girişimine kiralanmıştır. Böylece TAV, İstanbul Atatürk Havalimanı Dış ve İç Hatlar Terminal Binası, Kapalı Otopark ile Genel Havacılık Terminali’nin işletimini 2021 yılına kadar elinde tutmaya hak kazanmıştır. Bu Türkiye’de o zamana kadar yapılan en büyük özelleştirme uygulamalarından birisiydi (Koçyiğit, 2018). Türkiye’de havacılığın geliştiği ilk yıllarda havaalanı ağı, tek merkezli ağ yapısı şeklindeydi. Tüm uçuşlar Atatürk Havalimanı’nda toplanır ve uluslararası uçuşlar buradan gerçekleşirdi. 1983’te yürürlüğe giren 2920 Sayılı Sivil Havacılık Kanunu ve 2003 yılında Türkiye sivil havacılığında yapılan yeni düzenlemelerle birlikte havayolu pazarı serbestleşmiş ve çok merkezli ağ yapıları ortaya çıkmıştır (Oktal, 2018).

Yıllarca Türkiye’nin en yoğun trafiğine sahip olan Atatürk Havalimanı’nda uçuşlar 2019 yılında İstanbul Havalimanı’na kaydırılmıştır.

7.4.2. İstanbul Havalimanı

Atatürk Havalimanı'nın kapasitesinin aşılması ve artan hava trafiğini karşılayacak alana sahip olmaması sebebiyle yeni bir havalimanı kurulmasına karar verilmiştir (Utikad, 2013).

İstanbul Havalimanı için 2013 yılında ihaleye çıkılmıştır ve ihale İGA'nın (İstanbul Grand Airport) yatırımcılarından oluşan Ortak Girişim Grubu (OGG) tarafından kazanılmıştır. Daha sonra İGA Havalimanı İşletmesi A.Ş. kurulmuş ve 7 Haziran 2014'te İstanbul Havalimanı'nın temelleri atılmıştır. İstanbul Havalimanı'nın sadece birinci etabı için 6 banka bir araya gelerek 4,5 milyar Euro kredi çıkartmıştır. Dünyanın sıfırdan yapılan en büyük havalimanı unvanına sahip olan İstanbul Havalimanı 29 Ekim 2018 yılında açılmıştır (İGA Airport, 2022).

İstanbul Havalimanı hava trafiği operasyonlarının yürütülmesine yardımcı 6 birim bulunmaktadır. Bunlar; (İGA, 2022).

- Emniyet ve Uyumluluk Müdürlüğü: Ulusal ve uluslararası mevzuatlar ve şirket prosedürlerine uygun olarak hava trafiği operasyonlarının yürütülmesini sağlamak amacıyla denetlemeler ve kontroller yapan birimdir. Havalimanı paydaşlarıyla uyum içerisinde çalışarak pist, apron ve taksi yollarındaki emniyetin sağlanması ve artırılması açısından önemli bir role sahiptir. Öte yandan bu birim, acil durum planlarının hazırlanması ve kaza/olay yönetimi konularında da çalışmaktadır.
- Destek Hizmetleri Müdürlüğü: Kar, buz ve otlarla mücadele eden bu destek hizmetler birimi, pist üzerinde lastik izlerinin temizlenmesi, FOD kontrol, temizlik hizmetleri ve çizgi boyama gibi faaliyetlerden sorumludur.
- ARFF Müdürlüğü: Havalimanı Kurtarma ve Yangınla Mücadele (ARFF) birimi, havalimanında veya çevresinde meydana gelebilecek yangınlara 3 dakika içerisinde erişim sağlayacak şekilde konumlandırılmıştır. Kategori 10 seviyesinde hizmet veren bu birim, yangın, kaza ve kırımda kurtarma faaliyetleri yapabilmekte ve hareket kabiliyetlerini kaybetmiş uçakların kaldırılmasına yönelik ekipmanlar bulundurmaktadır.

- Hava Tarafı Operasyon Müdürlüğü: PAT sahalarında günlük olarak kontroller yaparak operasyonların aksamasını önleyen birimdir. Bu kontrol ve denetimler ulusal ve uluslararası mevzuatlara uygun olarak yapılmaktadır. Yaban hayatıyla mücadele, yabancı madde tespit ve kontrolü, follow-me hizmeti, vb. hizmetler bu birim tarafından yapılmaktadır.
- Yaban Hayatı Yönetim Müdürlüğü: havalimanı içerisinde operasyonları tehdit edebilecek yabani hayvanları kontrol altında tutmak için yönetim planı hazırlayan birimdir. Aktif kaçırma yöntemleri, habitat yönetimi gibi süreçleri takip edip eğitimler vermektedir.
- Hava Tarafı Operasyon Nöbetçi Müdürü: Hava tarafındaki operasyonların ulusal/uluslararası mevzuatlar, standartlar ve şirket prosedürlerine uygun olması için gereken kontrolleri sağlar.

7.4.3. İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı karşılaştırılması

Görüşmeler esnasında katılımcılardan İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı'nın teknik, fiziki ve teknolojik koşullar açısından değerlendirilmesi istenmiştir. Kodlamalar sonucunda ortaya çıkan farklar 4 gruba ayrılmıştır. Bunlar; yönetsel farklar, teknoloji ve altyapı farkları, çevresel farklar ve uygulama farklarıdır. MaxQDA 2020 programında bu farklar “Alt Kodların İstatistiği” yöntemiyle analiz edilmiştir. İlk önce analiz birimi “Belgeler” olarak seçilmiştir. Böylece farkların kaç belgede yani kaç kişi tarafından dile getirildiği ortaya konmuştur. Tablo 7.1’de iki havalimanı arasındaki farkların kaç kişi tarafından dile getirildiği yer almaktadır. Daha sonra analiz birimi “Kodlu bölümler” olarak seçilmiştir. Bu birimin seçilmesi, ilgili konuda kaç tane kodlama yapıldığına dair tabloyu sunmuştur. Tablo 7.2’de bu iki havalimanı arasındaki farklarla ilgili kaçar kodlama yapıldığı gösterilmiştir.

Tablo 7.1. *Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı arasındaki farkların kaç belgede geçtiğini gösteren tablo*

Kodlar	Belgeler
Yönetimsel Farklar	6
Teknoloji ve Altyapı Farkları	6
Çevresel Farklar	3
Uygulama Farkları	2
Kodlanmış BELGELER	6
Kodlanmamış BELGELER	0
ANALİZ EDİLEN BELGELER	6

Tablo 7.2. *Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı arasındaki farklardan toplam kaç defa bahsedildiğini gösteren tablo*

Kodlar	Bölümler
Teknoloji ve Altyapı Farkları	41
Yönetimsel Farklar	11
Uygulama Farkları	4
Çevresel Farklar	3
Toplam	63

7.4.3.1. Teknoloji ve altyapı farkları

İstanbul Havalimanı daha gelişmiş teknolojilerin olduğu daha geniş bir alana sahiptir. Katılımcılardan her iki havalimanını teknik, fiziki ve teknolojik yönlerden karşılaştırılması istenmiştir. 6 katılımcının tamamı bu konu hakkında ifadelerde bulunmuşlardır. Teknoloji ve altyapı farkları hakkında toplam 41 kodlama yapılmıştır.

İstanbul Havalimanı'nda FOD tespiti ve temizliği konusunda daha çok teknolojik gelişmenin yaşandığı göze çarpmıştır. FOD temizliğinde farklı büyüklük ya da kirliliğe uygun olarak geliştirilmiş süpürme araçları mevcuttur. Bunun yanı sıra şu anda CCTV kameraları sayesinde FOD tespiti kolaylaşmıştır. A-FOD radarının kullanıma girmesiyle FOD tespiti daha kolay bir hal alacaktır. Katılımcı 2'nin bu konu hakkındaki görüşü şu şekildedir:

K2: ...Atatürk Havalimanı'nda bu kadar çok FOD ile ilgili araç ekipman mevcut değildi. İşte bizde süpürgeler var. Alanlara göre pistler için ayrı büyüklükte süpürgelerimiz var. Daha dar alanlar için “Muvo” olarak tabir edilen araçlarımız var.

İstanbul havalimanında bulunan gelişmiş CCTV kameraları, sadece FOD tespiti için kullanılmamaktadır. Görüşmelerde elde edilen verilere göre kaza ya da olayların izlenmesi ve kök neden tespiti için CCTV çok önemli bir unsurdur. Katılımcı 3, bu konuda şu ifadelerde bulunmuştur:

K3: Güvenlik sistemleri, CCTV kamera sistemleri Atatürk havalimanına göre çok daha fazla. İstedığımız görüntüye, belki de kök neden analizine görüntülerle çok daha rahat ulaşabiliyoruz burada. Daha önce Atatürk havalimanında yüz tane vakadan belki de elli tanesine ulaşamazken burada yüzde bir iki tanesini kamera görmüyor denilebilir...

Bunun dışında İstanbul Havalimanı, Atatürk Havalimanı'na göre daha yeni ve gelişmiş yer araçlarına sahiptir. Araçların çoğunun elektrikli olması başta SHGM olmak üzere otoriteler tarafından teşvik edilmektedir. İstanbul Havalimanı'nda birçok araç dizelden elektrikliye geçmiştir. Ayrıca araçlar Euro 6 yazılımına sahiptir. Böylece araçların emniyeti ve performansı artarken çevreye olan negatif etkileri de azalmaktadır. Katılımcı 4'ün bu konu hakkındaki ifadeleri şu şekildedir:

K4: ...Euro 6 yazılımı kullanıyoruz. Eski araçlar da bunlar da bir tehdit oluşturuyor. ARFF araçları da aynı şekilde bu yazılımı kullanıyor.

Öte yandan çok gelişmiş ARFF araçları yangın söndürme ve arama kurtarma konusunda da daha yüksek bir performansa sahiptir.

Katılımcıların görüşlerine göre şu anda İstanbul Havalimanı'nda mevcut olan A-SMGCS, SafeIST yazılımı, mobil/sabit radarlar ve A-VDGS sistemleri PAT sahası emniyetini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra yakında devreye girmesi beklenen runway status light'lar yani pist durum ışıkları, follow the greens, iç araç kameraları ve kuş radarı gibi sistemlerin PAT sahalarındaki emniyeti yüksek oranda arttırması beklenmektedir.

İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı arasındaki diğer bir fark ise daha fazla sayıda olan “De-icing Pad”lerdir. Bu padlerin çok sayıda olması beklemeleri ve

gecikmeleri azaltmaktadır. Böylece, uçaklardaki de-icing ya da anti-icing sıvısının etkisi geçmeden kalkış sağlanmaktadır. Bu hususta Katılımcı 2'nin görüşleri şu şekildedir:

K2: ...Bizim totalde 5 tane de-icing pad olarak adlandırılan de-icing alanımız var. Atatürk Havalimanı'nda sadece bir adet ped alanı vardı. Yani uçaklar yolcuları aldıktan sonra de-icing alanına gelir. Orada de-icing ve anti-icing işlemi uygulanırdı daha sonra kalkış alırlardı. Ama orada 1 adet pozisyon olduğu için yani 1 adet ped olduğu için arkada kuyruklu oluşuyordu. Diğer uçaklar o sıra hizmet almak için sırada bekliyorlardı burada böyle bir durum söz konusu olmuyor. Çünkü birden fazla bu ped var. Araç ve ekipman anlamında da yer hizmetleri burada daha güçlü. Yanaşan uçak her halükarda bu hizmeti alıp ardından kalkışını emniyetli bir şekilde sağlıyor...

Katılımcılar tarafından değinilen diğer bir konu ise İstanbul Havalimanı'nın daha büyük kapasiteye sahip olmasıdır. Hava tarafında daha çok pist ve taksi yollarının olması genel olarak bir avantaj olarak görülmektedir. Bu hususta Katılımcı 5 ve Katılımcı 6'nın görüşleri şu şekildedir:

K5: ...Gördüğüm kadarıyla orası tabi ki de İstanbul Havalimanı kadar çok büyük, çok geniş taksi yollarına sahip bir havalimanı değildi. Terminal tarafında burası kadar çok fazla park pozisyonuna sahip değildi Atatürk Havalimanı. Kapasite açısından tabi bir farklılık var o yüzden...

K6: ... Atatürk Havalimanı'nda şöyle bir durum vardı her uçak her park pozisyonuna gelemiyordu. Burada park pozisyonu kısmı biraz daha iyileşti. Şöyle ki; hemen hemen bütün park pozisyonlarına büyük uçak kabul edilebiliyor. Yani daha fazla alternatif çıkabiliyor karşınıza. Örneğin; bir havayolu şirketi uçağını işte küçük gövdeden büyük gövdeye getirdiği zaman Atatürk Havalimanı'nda olay oluyordu. Çünkü niye park pozisyonu yoktu, kapasite sınırlıydı. Ama burada öyle bir sıkıntı yok mesela bunlarda tabi ister istemez risk oluşturuyordu. İşte Atatürk Havalimanı'nda bazen taksi yollarına uçakları park ettirilebiliyordu. Bazen işte bir pozisyona uçağı alıyorlar yanına uçak park etmeyelim çünkü birbirine çarpabilir, kanatlar dokunabilir falan şeklinde bu tarz şeyler oluyordu...

Bunların yanı sıra büyük kapasitenin getirdiği bazı zorluklar da mevcuttur. Hava araçlarının çok uzun süre taksi yapmak zorunda olması yerdeki trafiği arttırmaktadır. Bu hususta Katılımcı 4 ve Katılımcı 5'in görüşleri şu şekildedir:

K5: ...Onun dışında aprona geçişlerde bağlantı taksi yollarının İstanbul Havalimanı'na göre daha az olması da uçağın iniş gerçekleştirdikten sonra aprona ulaşımını kolaylaştırıyordu. E bu yüzden daha rahat bir operasyon döndürebiliyorduk diyebiliriz. O konuda zaman baskısı kıstası daha azdı Atatürk Havalimanı'nda İstanbul Havalimanı'na göre.

K6: Şu anda ilk açılan pistler işte yolcu terminalinden biraz uzak noktada kaldı. Özellikle park pozisyonları, G ve F olan park pozisyonları. İster istemez bu da taksi süresini uzattı...

7.4.3.2. Yönetimsel farklar

Atatürk Havalimanı'nın hava tarafı, bir devlet kurumu olan Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin yönetimindedir. İstanbul Havalimanı'nda ise hem hava tarafının hem de terminalin işletimi, özel bir şirket olan İGA Havalimanı İşletmesi Anonim Şirketi'ndedir. Yani her iki havalimanının otoritesi farklı kurumlara aittir. Farklı otoritelere sahip bu havalimanında yönetimsel anlamda farklılıklar olması kaçınılmazdır. Yapılan görüşmeler sonucunda havalimanlarındaki otoritenin değişmesi nedeniyle yönetimsel anlamda da değişiklikler olduğu ortaya çıkmıştır. Otoritelerin farklılaşmasından kaynaklanan bu değişimler "Yönetimsel Farklar" olarak kodlanmıştır. Yönetimsel farklar, 6 görüşmecinin tamamı tarafından farklı ya da aynı konular olup olmadığı farketmeksizin dile getirilmiştir. Yönetimsel farklar konusunda, 11 kodlama yapılmıştır. Bu kodlamalar sonucunda yönetimsel anlamda şu farklar ortaya çıkmıştır:

Öncelikle katılımcıların yönetimsel açıdan en çok dikkat çektiği fark Atatürk Havalimanı'na kıyasla emniyet anlamında denetlemelerin çok daha sıkı bir hal aldığıdır. Bu hususta bazı katılımcılar şu ifadelerde bulunmuştur:

K1: ...hız takibi ile ilgili bir iyileşme sağlandığı doğru. Ne gibi iyileşme sağladı? Şimdi takip edildiğini biliyorsun bir ceza unsuru var. Caydırıcı bir unsur var. Çok yüksek bir ceza var o cezanın işte doğrudan çalışanlara rücu etmesi gibi bir şey söz konusu değil

ama epey bir kısmı da olsa çalışanlardan kesiliyor. Ufacık bir şey bile kessen bu zaten caydırıcı bir unsur. Dolayısıyla İGA'nın böyle bir fark var...

K3: ... bir sürücü olarak karşıdan önce gördüğüm, ciddi anlamda sadece EDS kameraları ve bunun ciddi anlamda takibinin sağlanması... Aynı zamanda bizlerle bu anlamda bir çalışma içerisinde. Feedbackleri olumlu yönde alıp nasıl geliştirebiliriz diye karşılıklı düşünüyoruz. Bizler de kurallara çok daha fazla riayet ediyoruz, onlar da kurallara çok daha fazla riayet ediyor.

Katılımcıların görüşlerinden yola çıkarak İGA'nın denetlemeleri daha katı şekilde yaptığı ve paydaşlarla daimi iş birliği içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan Atatürk Havalimanı'nda "Emniyet (SMS) Departmanı" bulunmaktaydı. Bu departman İstanbul Havalimanı'nda "Emniyet ve Uyumluluk Departmanı" olarak faaliyet göstermektedir. Bu hususta Katılımcı 4'ün görüşleri şu şekildedir:

K4: ...Uyumluluk denilen departman... İstanbul Havalimanı'nda böyle bir yenilik oldu. Uyumluluk, operasyonel faaliyetleri yürüten, her türlü hatalar, ramak kala ve bütün uçuşla ilgili emniyeti sağlayan bölüm olarak üstlendi görevi...

Yönetimsel açıdan belirtilen diğer bir fark ise emniyeti sağlamak adına daha çok personelin çalıştırılmasıdır. Gözden kaçan herhangi bir durumun emniyetsiz olaylara sebebiyet vermesini engellemek adına daha fazla personel 7/24 hava tarafında gözlem ve denetim yapmaktadır. Bu hususta Katılımcı 5'in görüşleri şu şekildedir:

K5: ... Diğer bir avantaj ise Atatürk Havalimanı'nda bu kadar fazla operasyon personeli yoktu. Şu an İstanbul Havalimanı'nda her ekip bazında toplam 4 ekip dönüyoruz. Her ekip bazında 25'er kişilik follow me operasyon kadrosu var. Bunlar 7/24 sahada gözlem halindeler. Artı bir emniyet sağlıyor. Aynı zamanda operasyon personellerinin yanında emniyet uyumluluk personelleri, SMS birimi, saha destek hizmetler birimi ve bunların da personelleri yine sahadalar. Destek oluyorlar. Operasyon konusunda her birimin kendine özgü denetlediği, emniyet bazında denetlenen şeyler var. Zaten temizlikten sorumlu bir destek hizmetler birimimiz var. Aynı zamanda FOD işçilerimiz de var. Bunlar FOD personelleri. Servis yollarının tamamında 7/24 yürüyerek FOD kontrolü gerçekleştiriyorlar...

7.4.3.3. Uygulama farkları

Havalimanlarında bazı uygulamalar, verimliliği arttırmak veya daha önce yaşanmış olayların tekrarlamasını önlemek adına değiştirilebilir. İstanbul Havalimanı'nda da bazı uygulamalar Atatürk Havalimanı'nda yaşanan olumsuzluklar ya da eksiklikler göz önüne alınarak farklılaştırılmıştır. Bu sebeple katılımcıların bahsettiği bazı farklar “Uygulama Farkları” olarak kodlanmıştır. 2 katılımcının görüşlerinden toplam 4 farklı kod elde edilmiştir.

İlk olarak yağmur sularının arıtılması göze çarpan bir ifade olmuştur.

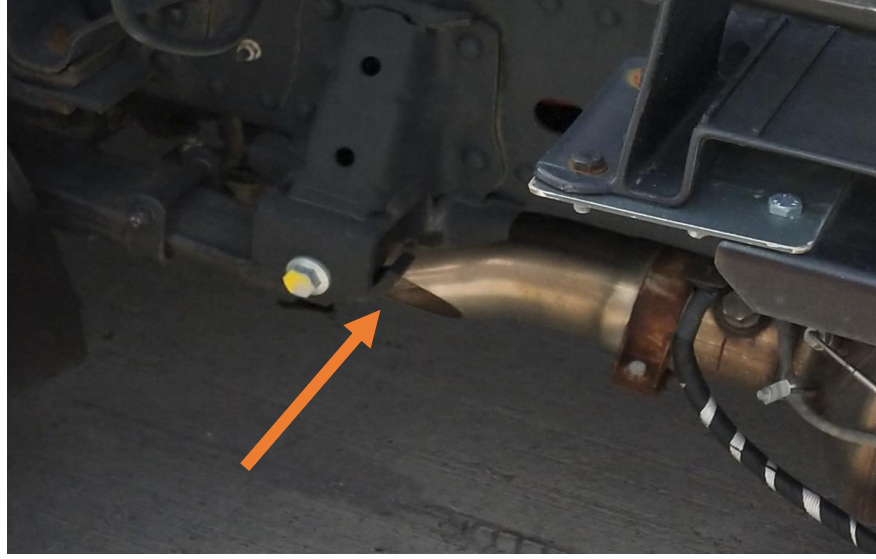
K4: ...Ayrıca İstanbul Havalimanı'mızda şöyle bir yenilik daha var. Son zamanlarda çıktı bu. Yağmur sularını değerlendiriyoruz 3 defa şey yapıyoruz... arıtıyoruz. Islak hacimlerde yani tuvalet vb. yerlerde yağmur sularını kullanıyoruz...

FOD riskini azaltmak amacıyla proaktif olarak yapılan bazı uygulama farkları da mevcuttur. Katılımcı 2, bu konuda şu örneği vermiştir:

K2: Biz daha çok “safety” kavramı odaklı düşünüyoruz mesela burada... plastik dışarıda gördüğümüz konteynırlar vardır ya sokak, mahalle temizleyen kişilerin kullandığı yeşil renkli mesela onlardan vardı Atatürk Havalimanı'nda. Biz burada demir kullanıyoruz çünkü lastiğin uçma riski var. Her ne kadar çok bağlarsanız bağlayın. Kapağının, rüzgardan sürekli açılıp kapanma dolayısıyla kırılıp FOD oluşturma riski var. Bizler burada FOD önleme maksadıyla böyle bir proje gerçekleştirdik. Bütün hepsi demirden yapıldı...

Proaktif değişikliklerden bir diğeri de herhangi bir tutuşmaya mahal vermemek adına yeni araçlarda egzozların yönünün aşağı doğru konumlandırılmasıdır. Bu durum Görsel 7.16' da gösterilmektedir. Bu hususta Katılımcı 2'nin görüşleri şu şekildedir:

K2: ... onların da sizin gördüğünüz gibi egzozları yere doğru bakıyor yani yukarı doğru kanata doğru değil. Bu da daha önce yaşanan olaylardan bir ders alınarak yapıldı... her zaman bizler de öğreniyoruz burada riskleri görüyoruz, ona göre aksiyonlar almaya çalışıyoruz ya da diğer meydanlarda daha önce böyle olaylar yaşanmış mı diye araştırıyoruz...



Görsel 7.16. *Aşağı doğru konumlandırılmış bir egzoz*

Diğer bir uygulama farkı ise cep telefonu uygulamaları vb. yöntemlerle personelin daha kolay denetlenmesidir. Emniyeti tehdit eden en büyük unsur olan insan faktörünü kontrol altında tutabilmek için bu tarz uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamayı Katılımcı 4 şu şekilde açıklamıştır:

K4: ...Cep telefonlarımıza bir uygulama geliyor. Bu uygulamada bu sorular var. İGA'nın kendi uygulaması var. Bu sorular COVID aşısına kadar sağlık dahil her şeyi soruyor. Sorulara cevap veriyorsunuz. Soruları gönderdiğiniz zaman resmi olarak göndermiş oluyorsunuz. Yanlış bilgi vermeniz uygunsuz olur. Yanlış bilgi vermeniz durumunda zaten disiplin cezası alıyorsunuz. Bunları buradan İGA buradaki uygulamasında bunu kontrol edebiliyor...

7.4.3.4. Çevresel farklar

İstanbul Yeşilköy'de bulunan Atatürk Havalimanı'nın güneyinde Marmara Denizi bulunmaktadır. İstanbul Havalimanı ise şehrin kuzeyinde Karedeniz kıyısına yakın Arnavutköy'de bulunmaktadır. Coğrafi olarak farklı yerlerde bulunmaları aralarında çevresel farklar olmasını kaçınılmaz kılmıştır. 3 katılımcı çevresel farklara dikkat çekmiştir. 2 kişi İstanbul Havalimanı'nda yaşanan ekstrem hava şartlarından bahsetmiştir.

K1: ...Atatürk Havalimanı'nda bu kadar ekstrem hava şartı yaşamıyoruz en büyük fark bu. Bu sene yaşadığımız Ocak ve Şubat aylarındaki ekstrem hava koşulları inanılmazdı...

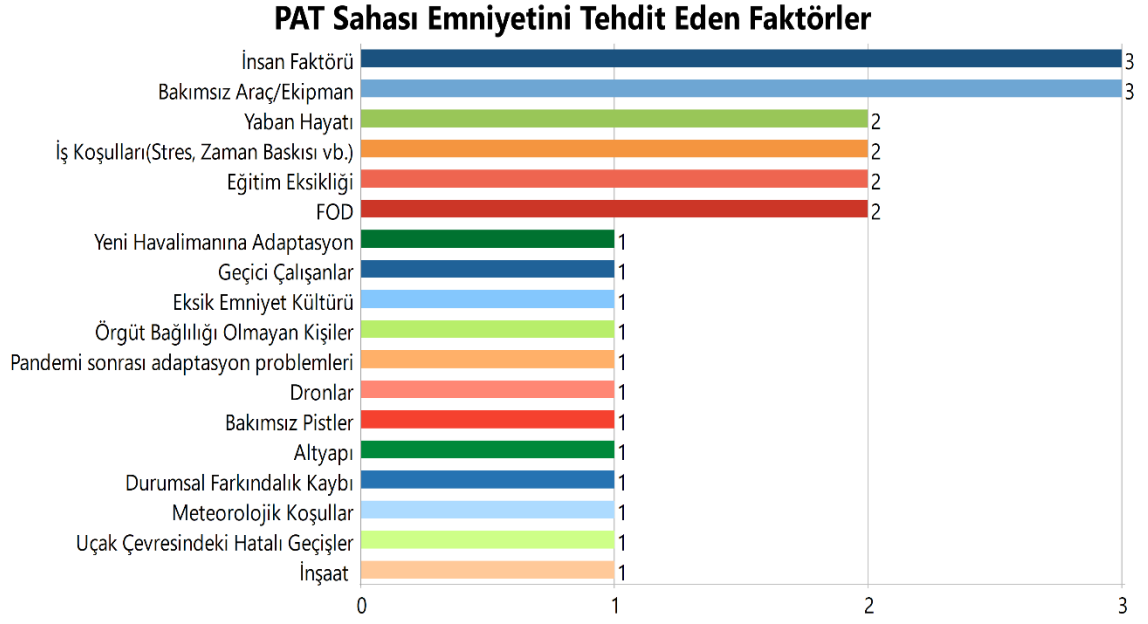
K3: ... İstanbul havalimanında ise fiziki şartlar çok ciddi anlamda iyileştirildi. Hava koşulları haricinde diyeyim...

İstanbul Havalimanı'nın bazı kuş tiplerinin göç yollarında olması diğer bir çevresel farktır. 4 ornitolog kuş göç yollarını izlemekte ve hem emniyetin sağlanmasında hem de kuşların zarar görmeden uzaklaştırılması konusunda çalışmalar yürütmektedirler. Bu konuda Katılımcı 2'nin görüşleri şu şekildedir:

K2: ...burada aktif olarak havalimanı kurulmadan önce bu çalışmalar yapılmış ilgili birimler tarafından. Hangi bu tür kuşların göç yolları burada? Mevsimsel olarak kimler burada? Kimler geliyor? Kimler gidiyor? Bizler de onların yaşam alanlarına müdahale etmeden ya da işte yaşama özgürlüklerine müdahale etmeden onlar ne zaman bize doğru yaklaşıyor... çünkü iniş ve kalkış için özellikle çok büyük bir risk. Onları nasıl havalimanı çevresinden yollarını değiştirebiliriz? Bunların çalışmalarını yapan birimlerimiz var...

7.5. PAT Sahası Emniyetini Tehdit Eden Faktörler

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde katılımcılara tüm tecrübelerinde edindikleri gözlemlere ya da yaşadıkları olaylara dayanarak PAT sahalarında emniyeti tehdit eden faktörlerin ne olduğu sorulmuştur. Bu veriler, gelecekte ortaya çıkacak sistemlerin hangi amaçlara hizmet etmesi gerektiğinin belirlenmesi açısından önemli görülmüştür. Verilen cevaplar sonucunda 18 farklı faktör ortaya çıkmıştır. İlgili faktörlerin kaç kişi tarafından belirtildiğine dair kodlar MaxQDA 2020 programında “Alt Kodların İstatistiği” yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 7.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.4. PAT Sahası Emniyetini Tehdit Eden Faktörler

Katılımcıların görüşlerine göre PAT sahası emniyetini en çok tehdit eden iki unsur, insan faktörü ve bakımsız araç/ekipmandır. 6 görüşme kaydından 3'ünde bu iki faktör PAT sahası emniyetini en çok tehdit eden unsurlar olarak belirtilmiştir. İnsan faktörü konusundaki bazı görüşler şu şekildedir:

K1: İnsan faktörü hala kazaların en önemli kök nedenlerinden bir tanesi olarak ortaya çıkıyor. Ya ana kök neden ya da kolaylaştırıcı nedenlerden bir tanesi oluyor.

K3: insan faktörü olmazsa olmaz. En büyük tehdit bence bu. Çünkü insanla çalışıyoruz. Bu kendi başına hareket eden bir organizmayı birebir her saniye robot gibi yönlendirmek mümkün değil.

Ayrıca insan faktörüne dahil edilebilecek diğer unsurlar da:

- Eğitim eksikliği,
- Yeni havalimanına adaptasyon,
- Geçici çalışanlar,
- Eksik emniyet kültürü,
- Örgüt bağlılığı olmayan kişiler,

- Pandemi sonrası adaptasyon,
- Durumsal farkındalık kaybı,
- Uçak çevresinden hatalı geçişler olarak belirtilmiştir.

Görüşmelerde bakımsız araç/ekipmanlar ise PAT sahalarındaki en büyük diğer potansiyel tehlike olarak gösterilmektedir. Bu hususta katılımcı görüşü şu şekildedir:

K6: ...ekipman yönetimi, makine ekipmanlarının bakımlarının doğru olması, ekipmanın doğru şekilde doğru şartlarda kullanılması veya bir ekipmanı diğer uçağa uydurmamak kazaları engellemek için önemlidir.

FOD, iş koşulları, yaban hayatı ve eğitim eksikliği, 6 kişiden 2'si tarafından PAT sahalarını tehdit eden unsurlar olarak dile getirilmiştir. İstanbul Havalimanı'na FOD'nin tespiti ve önlenmesi konusunda birçok çalışma yürütülmektedir. Bu hususta Katılımcı 5'in görüşleri şu şekildedir:

K5: örneğin ERA (Equipment Restricted Area) sahasının içerisine girmiş bir araç, ERA sahasının içerisine girmiş bir adam, bırakılmış bir ekipman, oradan karşıdan karşıya geçen hizmet görevlisi veya bir hayvan, FOD olabilir. FOD' "foreign object damage" dediğimiz yabancı madde hasarı yaratabilecek unsurların bu bölgede bulunması emniyetsizlik ve tehdittir.

Öte yandan hava tarafı çalışma ortamlarının sürekli bir hareket ve zaman baskısı içermesi çalışanlarda yorgunluk, stres ve uykusuzluk gibi durumlara sebebiyet verebilir. Bu hususta Katılımcı 3'in görüşleri şu şekildedir.

K3: ...Bunun haricinde çok riskli bir grupta ve ağır fiziki koşullarda çalışılıyor olması yine en büyük tehdit ve risk faktörlerinden bir tanesi.

Yaban hayatı birçok havalimanında büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Havalimanı otoriteleri yaban hayatını pist, apron ve taksi yollarından uzaklaştırmak için farklı yollar denemektedir. Kuşların gözüne zarar vermeyen lazer sistemleri, ses ile korkutmak için kuş topları yaban hayatını PAT sahalarından uzaklaştırmak için kullanılan yöntemlerden bazılarıdır.

Dronlar, havalimanlarında güvenlik sorunu yaratabileceği gibi uçak ya da araçla çarpışmaları emniyet sorunu olarak da yorumlanabilir. Bu sebeple personel, hava sahası içerisinde bir dron gördüğünde ilgili birimleri bilgilendirmelidir.

Bakımsız pistler ve altyapı problemleri de emniyeti tehlikeye atacak unsurlar olabilir. Bu sebeple otoritelerin altyapı bakım ve onarım çalışmalarına önem vermesi gerekmektedir. Öte yandan havalimanları içerisinde yapılan inşaat faaliyetleri de potansiyel tehlike arz etmektedir. Havalimanının sürekli çalışanı olmayan kişilerin PAT sahalarında uyulması gereken kuralları ihlal etme ihtimalleri daha yüksek olabilir.

Son olarak da hava aracı operasyonlarının açık alanda gerçekleşmesi çalışanların her türlü meteorolojik koşula maruz kalmasına yol açmaktadır. Özellikle görüş seviyesinin düşük olduğu durumlar PAT sahası emniyetinde büyük bir risk oluşturmaktadır.

PAT sahası emniyetini tehdit eden faktörlere dair soruya ek olarak bu bölgelerde emniyetin arttırılması için neler yapılması gerektiği de sorulmuştur. Katılımcıların büyük oranda fikir birliği içerisinde oldukları konu paydaşlar arası iş birliğidir. PAT sahası içerisinde emniyeti tehdit eden unsurların engellenmesinin herkesin ortak görevi olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple kişilerde emniyet bilinci, kurumlarda ise emniyet kültürü olması gerektiğinin üzerinde durulmuştur.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı PAT sahalarında kullanılan akıllı ulaşım sistemlerinin emniyete etkilerini belirlemektir. Hayatın her alanında kolaylaştırıcı çözümler sunan akıllı ulaşım sistemlerinin PAT sahalarındaki emniyeti arttıracak hipotezi bu çalışmanın çıkış noktası olmuştur. Bu kapsamda İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı arasındaki farklar da ele alınmıştır. Her iki havalimanında da çalışmış ve karşılaştırma yapacak tecrübeye sahip kişilerle görüşmeler yapılmıştır. Görüşme katılımcıları İstanbul Havalimanı çatısı altında farklı işletmelere mensup kişilerden seçilmiştir. Böylece farklı bakış açıları ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen veriler MaxQDA 2020 programında kodlanarak farklı analizler uygulanmıştır. Analizler sonucunda İstanbul Havalimanı'nda kullanılan akıllı ulaşım sistemleri ve emniyete etkileri belirlenmiştir. Akıllı ulaşım sistemleri tanımına uymadığı halde PAT sahalarında emniyeti arttıran sistemlere ve gelecekte İstanbul Havalimanı'nda kullanılacak olan sistemlere de yer verilmiştir.

2022 yılında İstanbul Havalimanı'nın hava tarafında kullanılan AUS uygulamaları aşağıda yer almaktadır:

- Mobil/sabit hız radarları
- A-SMGCS
- Gelişmiş CCTV kameraları
- Gelişmiş süpürme araçları
- A-VDGS
- Araç yaklaşma sensörleri
- Bulut sistemi
- Dış araç kameraları
- Gelişmiş ARFF araçları
- Gelişmiş buzlanmayla mücadele araçları
- Gelişmiş karla mücadele araçları
- Gelişmiş lastik izi silme araçları
- FOD-BOSS

Tüm bu akıllı ulaşım sistemleri farklı şekillerde emniyeti arttırmaktadır. Öncelikle bu araçlar durumsal farkındalığı büyük ölçüde arttırmaktadır. Sürekli hız kontrollerinin ve daha sıkı denetimlerin yapılması insan faktörünü büyük ölçüde azaltmaktadır. Kaza ya da olaylarda CCTV kameralarından olayların incelenebilmesi ve kameraların çok az kör noktaya sahip olması kök neden analizleri için büyük bir avantajdır. FOD konusunda sürekli takiplerin yapılması ve bu yönde teknolojiler geliştirilmesi de emniyetin artırılması için büyük bir adım olarak görülmektedir. Ayrıca gelişmiş süpürme, karla mücadele, ARFF ve lastik izi silme araçları hem FOD'nin ortadan kaldırılması hem de operasyonların aksamaması açısından önem arz etmektedir.

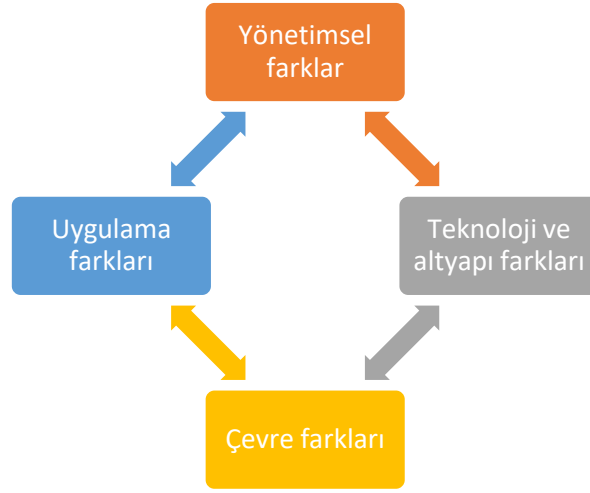
İstanbul Havalimanı'nda devreye girmesi planlanan AUS uygulamaları da şu şekildedir:

- İç araç kameraları
- Pist durum ışıkları
- Follow the green sistemi
- Kuş radarı
- A-FOD radarı

Elde edilen veriler sonucunda İstanbul Havalimanının PAT sahalarında gelişmiş sistemlerin kullanıldığı ve bu sistemlerin başta emniyet olmak üzere çevre ve maliyet konularında fayda sağladığı görülmüştür. Öte yandan uygun maliyetli ve kullanımı kolay olan akıllı ulaşım sistemlerinin havalimanlarında kendilerine daha kolay yer bulduğu sonucuna da varılmıştır.

Atatürk Havalimanı'nda gerek operasyonel anlamda gerekse emniyet anlamında yetersiz görülen uygulamalar İstanbul Havalimanı'nda gelişme göstermiştir. Görüşmeler sonucunda her iki havalimanı arasındaki farklar ortaya konmuştur. Bu farklar:

- Teknoloji ve altyapı farkları
- Yönetimsel farklar
- Uygulama farkları
- Çevre farkları olarak kategorilere ayrılmıştır.



Şekil 8.1. *İstanbul Havalimanı ile Atatürk Havalimanı arasındaki farklar*

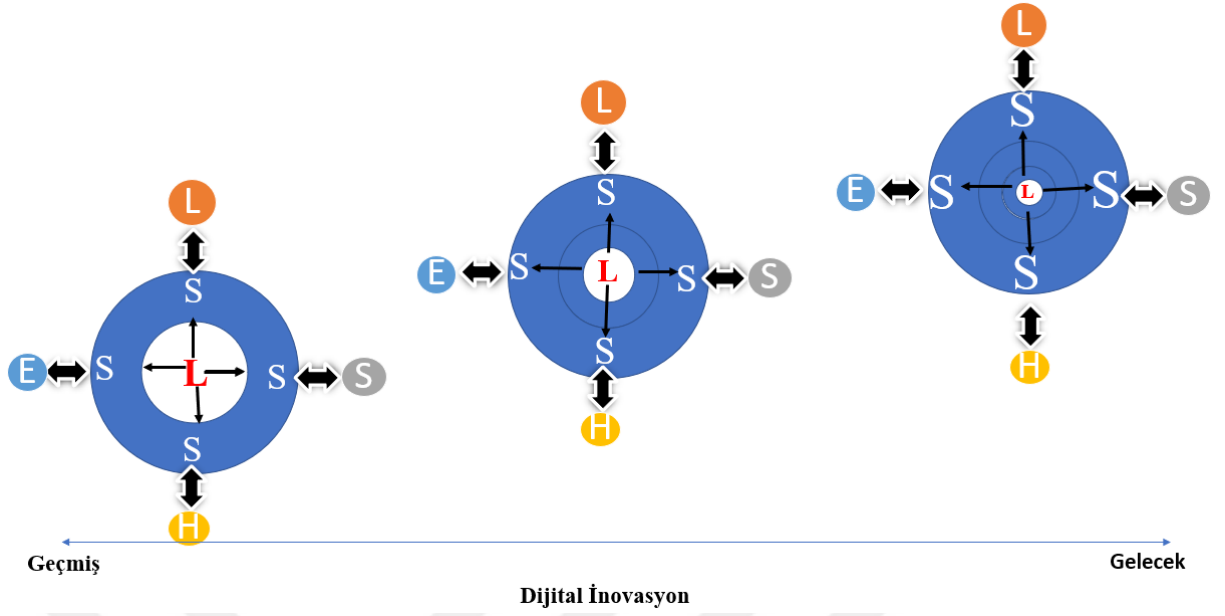
Her iki havalimanı arasındaki en büyük fark teknoloji ve altyapı anlamında olmuştur. İstanbul Havalimanı'nın Atatürk Havalimanı'ndan daha yüksek kapasiteli ve gelişmiş teknolojilerle donatılmış olduğu hem gözlem hem de görüşme sonuçlarında açıkça görülmektedir. Öte yandan havalimanlarının farklı otoriteler tarafından yönetilmesi yönetsel anlamında ciddi farkları ortaya çıkarmıştır. Korkmaz (2018)'in çalışmasında da ortaya koyduğu gibi Atatürk Havalimanı'nda otoritenin emniyetin sağlanmada yetersiz kaldığı durumlar olmaktadır. İstanbul Havalimanı'nda daha sıkı denetimlerin olması yönetsel açıdan en belirgin farklardan birisidir. Yönetsel farklar, uygulama farklarını da beraberinde getirmektedir. Geçmişteki kaza, olay ya da verimsiz durumlardan sonra alınan bazı proaktif önlemler uygulama farkları olarak ele alınmıştır. Uygulamada bazı yeniliklere gidilmesi, daha emniyetli, verimli ve düşük maliyetli sonuçlar alınması amacıyla yapılmıştır. Son olarak ortaya çıkan fark ise çevresel farklardır. Her iki havalimanının İstanbul'un farklı yerlerinde kurulu olması bazı çevresel farkları da beraberinde getirmiştir. Meteorolojik koşullar en ciddi çevresel fark olarak öne çıkmıştır.

Tüm bunların yanı sıra görüşmelerde katılımcılara PAT sahası emniyetini tehdit eden unsurların ne olduğu da sorulmuştur. Ortaya çıkan verilerin, PAT sahalarında emniyeti daha çok arttırmak için hangi sistemlerin kullanılması gerektiğine referans olması beklenmektedir. Katılımcıların görüşüne göre en çok insan faktörü ile bakımsız

araç ve ekipmanlar PAT sahası emniyetini tehdit etmektedir. Gelecekte PAT sahalarında kullanılacak akıllı ulaşım sistemlerinin, ilk olarak bu iki faktörün tespitine ve önlenmesine yönelik geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca katılımcıların görüşleri arasında PAT sahasını tehdit edecek faktörler olarak yeni havalimanına adaptasyon ve pandemi sonrası adaptasyon problemleri yer almaktadır. Bu iki faktör diğer tehditlere göre daha yakın zamanlarda ortaya çıkmış olup gelecekte daha detaylı olarak araştırılması önerilmektedir. PAT sahalarını tehdit eden faktörlerin önüne geçmek için gereken en önemli unsurun paydaşlarla iş birliği olduğu birçok katılımcı tarafından dile getirilmiştir.

Sonuç olarak akıllı ulaşım sistemlerinin İstanbul Havalimanı'nda daha yoğun şekilde kullanılması emniyet başta olmak üzere birçok açıdan fayda sağlamaktadır. Ancak İstanbul Havalimanı'nın açılmasından yaklaşık 5 ay sonra koronavirüs pandemisinin başlamasıyla uçuşlar durma noktasına gelmiştir. Bu etkinin 2019, 2020 ve 2021 yıllarında yoğun seyretmesi sebebiyle İstanbul Havalimanı'nın gerçek potansiyelini 2022 yılında göstermesi beklenmektedir. Yıllarca rekor sayılarda operasyonlara ev sahipliği yapan ve Türkiye sivil havacılığında büyük öneme sahip olan Atatürk Havalimanı artık yerini İstanbul Havalimanı'na bırakmıştır.

Bu araştırma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde akıllı araçların havacılığın birçok alanında yoğun olarak kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Emniyetin sağlanması için kontrol altında tutulması gereken temel unsurun insan faktörü olduğu havacılık literatüründeki birçok kaynakta yer almaktadır. SHELL modelinde belirtildiği üzere insan-insan, insan- çevre, insan- donanım ve insan- yazılım ilişkileri emniyeti etkileyen önemli ilişkilerdir. Ancak bu çalışmada görülmüştür ki akıllı araçların birbirleriyle (V2V), altyapıyla (V2I) ve çevredeki herhangi bir unsurla (V2X) etkileşimi de emniyeti etkilemektedir. Bu sebeple insan- insan ilişkisi gibi yazılım-yazılım ilişkisi başta olmak üzere çevre- yazılım, donanım- yazılım ve insan- yazılım ilişkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Yazılımın diğer unsurlarla ilişkisi için SHELL modelinden yola çıkarak HELLSS modeli önerilmiştir. Model Şekil 8.2'de gösterilmiştir.



Şekil 8.2. HELLSS modeli

HELLSS modelinde “insan” bileşeni diğer unsurlarla etkileşime giren temel unsur olmaya devam etmektedir. Ancak dijital inovasyonun sürekli gelişmesiyle birlikte “yazılım” bileşeninin her geçen gün insan etkisini azaltacağı hipotezi ortaya çıkmıştır. Modelde dijital inovasyonun zaman içerisindeki gelişimiyle sistemlerdeki “insan” bileşeninin etkisinin azaldığı gösterilmiştir. “İnsan” bileşeninin tamamen ortadan kaldırılması pek muhtemel görünmemekle birlikte imkansız da değildir. Yıkıcı ve yenilikçi teknolojilerin gelişme hızına bakıldığında “yazılım” bileşeninin çevre, donanım, insan ve diğer yazılımlarla etkileşiminin, emniyet açısından araştırılması gereken önemli bir unsur olduğu düşünülmektedir. SHELL modelinde belirtildiği üzere insan ve diğer dört bileşen emniyeti tehdit etmektedir. Ancak 2020’li yıllara gelindiğinde yazılımın diğer bileşenlerle ilişkisinin emniyet üzerindeki etkilerinin derinlemesine araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- ACI. (2019). *Autonomous Vehicles and Systems at Airports*. Montreal/Canada: Airports Council International.
- ADB Safegate. (2022). *A-VDGS: Safedock T-Series*. adbsafegate.com: <https://adbsafegate.com/product-center/gate/?prod=safedock-avdgs> adresinden alındı
- Adıgüzel, F., Toroğlu, E., & Kaya, Ö. (2015). Kentsel Gelişme İle Ulaşım İlişkisi: Adana Örneği. *Turkish Studies*, 27-46.
- Aeroexpo. (2022). *Airport runway sweeper RS 400*. aeroexpo.online: <https://www.aeroexpo.online/prod/veraasen-as/product-168867-4018.html> adresinden alındı
- Aerosweep. (2022). *The FOD-BOSS Ultimate Airfield Sweeper*. aerosweep.com: <https://www.aerosweep.com/foreign-object-debris-airfield-airport-runway-sweeper?hsCtaTracking=dd5ec1ba-a60e-4501-81d2-c6806f808183%7Cb19ebf30-54ea-44a2-92e2-7da007413093> adresinden alındı
- Airports Council International. (2022, 02 24). *The impact of COVID-19 on the airport business and the path to recovery*. aci.aero: <https://aci.aero/2022/02/24/the-impact-of-covid-19-on-the-airport-business-and-the-path-to-recovery-4/> adresinden alındı
- Akdamar, E. (2017). Akıllı Kent İdealine Ulaşmada Açık Verinin Rolü. *Social Sciences Research Journal*, 45-52.
- Akkaya, M. A., & Yıldırım, Z. (2017). Akademik Bilgi Üretimi ve Etik Volume 5, Issue 2. *Cankiri Karatekin University Journal of Faculty of Letters*, 78 - 93.
- AKOM. (2022). *Sayısal Telsiz İle Afetlerde Kesintisiz Haberleşme Ekip Yönetimi ve Şiddet Haritası Üretimi*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi.

- Aktuğlu Aktan, E. (2006). *Kent Biçimi – Ulaşım Etkilesimine İlişkin (Tarihsel Ve Güncel) Yaklaşımlar Ve İstanbul Örneği*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü- Doktora Tezi.
- Allen, J. (2018). *Autonomous snowplow project steps up a gear*. IVT international: <https://www.ivtinternational.com/news/autonomous-vehicles/autonomous-snowplow-project-steps-up-a-gear.html> adresinden alındı
- Andries, M., & Buys, Y. (2019, 03 08). *Off-airport activities: The future of baggage handling at Tomorrowland*. internationalairportreview.com: <https://www.internationalairportreview.com/article/79467/baggage-handling-tomorrowland/> adresinden alındı
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*.
- Aslanova, I., & Kulichkina, A. (2020). Digital Maturity: Definition and Model. *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 138, 443-449.
- Ateş, S. S. (2016). Yer Hizmetleri Kavramı ve Gelişimi. S. Ateş, V. Durmaz, H. Korul, N. Yavuz, Ü. Battal, & N. Ergün içinde, *Yer Hizmetleri Yönetimi* (s. 6). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Atioğlu, E. (2012). *Emniyet Yönetim Sistemi Temel Esaslar*. T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- Attaran, M. (2021). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
- AUSDER. (2016). *Hakkımızda*. ausder.org: <https://www.ausder.org.tr/kurumsal/hakkimizda/> adresinden alındı
- AUSDER. (2017). *Akıllı Ulaşım Sistemleri Ülke Mevzuatının Genel Çerçevesi*. AUSDER.
- Autili, M., Chen, L., Englund, C., Pompilio, C., & Tivoli, M. (2021). Cooperative Intelligent Transport Systems: Choreography-Based Urban Traffic Coordination. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(4), 2088- 2099.

- Aven, T. (2012). The Risk Concept—Historical And Recent Development Trends . *Reliability Engineering and System Safety* , 33-44.
- Aydın, E., & Volkan, C. (2019). *Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Türkiye'deki Km Taşları*. AUSDER.
- Bagloee, S. A., Tavana, M., Asadi, M., & Oliver, T. (2016). Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. *Journal of Modern Transportation*, 24(4), , 284–303.
- Barrachina, J., Sanguesa, J., Fogue, M., Garrido, P., Martinez, F., Cano, J.-C., . . . Manzon, P. (2013). V2X-d: a Vehicular Density Estimation System that combines V2V and V2I Communications. *2013 IFIP Wireless Days*, 1-6.
- Basit, T. N. (2003). Manual or Electronic? The Role of Coding in Qualitative Data Analysis. *Educational Research Vol. 45 No. 2* , 143–154.
- Başkale, H. (2016). Nitel Araştırmalarda Geçerlik, Güvenirlik ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi. *Nitel Araştırmalarda Geçerlik, Güvenirlik ve Örneklem Büyüklüğü 9(1)*, 23-28.
- Bayly, M., Fildes, B., Regan, M., & Young, K. (2007). Review of crash effectiveness of Intelligent Transport Systems. *Deliverable D4.1.1 – D6.2*, 1-131.
- Bilgiç, E., Türkmenoğlu, M., & Koçak, A. (2020). Dijitalleşmenin Lojistik Yönetimi Bağlamında İncelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Akademik İzdüşüm Dergisi*, 56-69.
- Bitam, S., & Mellouk, A. (2012). ITS-Cloud: Cloud Computing for Intelligent Transportation System . *Globecom Communications Software, Services and Multimedia Symposium*, (s. 2054-2059). Anaheim, CA, USA.
- Blondel, M., Zintel, M., & Suzuki, H. (2015). *Airport 4.0: Impact of Digital Transformation on Airport Economics: Viewpoint*. Brüksel: Arthur D. Little.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2007). *Qualitative Research for Education An Introduction to Theory and Methods FIFTH EDITION*. Pearson Education.

- Boukerche, A., & Coutinho, R. W. (2019). Crowd Management: The Overlooked Component of Smart Transportation Systems. *IEEE Communications Magazine*, 57(4), 48–53. doi:10.1109/MCOM.2019.1800641 . *IEEE Communications Magazine*, 57(4), 48–53 .
- Bourne, K. (2018, 07 25). *Edmonton airport perimeters will soon be patrolled by autonomous vehicle.* Global News: <https://globalnews.ca/news/4352401/edmonton-airport-security-atv/> adresinden alındı
- Bruder, G., Interrante, V., Phillips, L., & Steinicke, F. (2012). Redirecting Walking and Driving for Natural Navigation in Immersive Virtual Environments. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics* , 538–545.
- BTK. (2021). *Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar Verileri Raporu.* Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Carotenuto, S., Jakobi, J., & Verbeek, R. (2005). *State of the art in A-SMGCS.* EMMA Project Partners.
- Chamayou, G. (2015). *A Theory of the Drone.* Paris: The New Press.
- Cokorilo, O. (2020). Urban Air Mobility: Safety Challenges. *Transportation Research Procedia* 45, 21–29.
- Creswell, J. W. (2008). *Research Design, Qualitative, Quantitative, and Mixed.* Sage Publications.
- Damman. (2022). *Airport De-Icer.* dammann-technik.de: https://www.dammann-technik.de/wp-content/uploads/2021/02/DAMMANN_Airporttechnik_FEA_Flughafenenteiser.jpg adresinden alındı
- Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü Ve Dördüncü Sanayi Devrimleri Arasındaki Temel Ve Sistemik Farklılıkların Determinist Bir Yaklaşımla Analizi. *Management and Political Sciences Review* , 2 (1) ,, 176-194.

- DHMI. (2019). *2019-2023 Stratejik Plan*. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü.
- DHMI. (2019). *İstatistikler*. dhmi.gov: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> adresinden alındı
- DHMI. (2022). *Havacılık Terimleri Sözlüğü*. dhmi.gov: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Sozluk.aspx?Tip=TREN&Terim=T> adresinden alındı
- DHMI. (2022). *Havalimanı Tarihçesi*. dhmi.gov.: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Ataturk/SehirTarihcesi.aspx> adresinden alındı
- Dimitrakopoulos, G., Uden, L., & Varlamis, I. (2020). *The future of intelligent transport systems*. Oxford: Elsevier.
- EASA. (2020). *Annual Safety Review 2020*. EASA.
- EASA. (2021). *Annual Safety Review 2021*. EASA.
- EASA. (2022). *Stay Safe on the Manoeuvring Area – Crossing Taxiways Safely*. easa.europa.eu: <https://www.easa.europa.eu/stay-safe-manoevring-area-%E2%80%93-crossing-taxiways-safely> adresinden alındı
- El Naga, I., & Murphy, M. (2015). What Is Machine Learning? I. M. El Naqa içinde, *Machine Learning in Radiation Oncology* (s. 3-11). Springer.
- Elizer, R. M. (2012). ITS and Strategies to Meet Airport Traveler Information Needs. R. M. Elizer içinde, *Guidebook for Implementing Intelligent Transportation Systems Elements to Improve Airport Traveler Access Information* (s. 37). Washington: National Academy of Sciences.
- Ertekin, Ö. (2013). *Teknoloji Yönetimi Esasları*. HDM Danışmanlık Mühendislik Bilişim.
- EUROCONTROL. (2002). *CARE/ASAS Activity 5 Description of a first package of GS/AS applications*. EUROCONTROL.

EUROCONTROL. (2010). *Operational Concept & Requirements For Airport Surface Safety Nets/ EEC Technical/Scientific Report No. 2010-008*. EUROCONTROL.

EUROCONTROL. (2012). *SHELL Model*. EUROCONTROL.

EUROCONTROL. (2022). *Automatic dependent surveillance – broadcast*.
eurocontrol.int: <https://www.eurocontrol.int/service/automatic-dependent-surveillance-broadcast> adresinden alındı

European Commission. (2020 a, 09 22). *Single European Sky: for a more sustainable and resilient air traffic management*. ec.europa.eu:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1708 adresinden alındı

European Commission. (2020 b). *Sustainable and Smart Mobility Strategy*. ec.europa.eu:
https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Sustainable-and-Smart-Mobility-Strategy_en adresinden alındı

European Union. (2010). *Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council*. European Union.

Evans, A. W. (1997). Risk Assessment By Transport Organizations. *Transport Reviews*, Vol. 17, No. 2, 145-163.

FAA. (2021). *State Safety Program (SSP)*. NTSB- FAA.

FAA. (2022). *Introduction to Safety Risk Management*. faa.gov:
https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2019/media/SE_Topic_19-01.pdf
adresinden alındı

FAA. (2022, 05 18). *Runway Safety*. faa.gov: <https://www.faa.gov/newsroom/runway-safety-0> adresinden alındı

FAA. (2022). *Runway Status Lights*. faa.gov:
https://www.faa.gov/air_traffic/technology/rwsl/ adresinden alındı

- FAA ve AB. (2016). *NextGen- SESAR State of Harmonisation*. Publications Office of the European Union.
- Fernandez, G., Espada, J., & Díaz, V. (2014). Vitruvius: An expert system for vehicle sensor tracking and managing application generation. *Journal of Network and Computer Applications*, 178-188.
- Festag, A. (2014). Cooperative Intelligent Transport Systems Standards in Europe. *IEEE Communications Magazine*, 166-172.
- Follow The Greens. (2022). *Follow the Greens - Cutting Edge Technology for todays Airports*. followthegreens.com: <http://followthegreens.com/#:~:text=%E2%80%9CFollow%20the%20Greens%E2%80%9D%20means%20exactly,individual%20constraints%20of%20your%20airplane>. adresinden alındı
- Frangoul, A. (2019). *British Airways trials A.I. at London's Heathrow Airport to reduce delays* . CNBC: <https://www.cnn.com/2019/11/18/british-airways-trials-ai-at-londons-heathrow-airport.html> adresinden alındı
- Genvict. (2021, 01 06). *A Brief History of Intelligent Transportation in Europe* . en.genvict.com: <https://en.genvict.com/a-brief-history-of-intelligent-transportation-eu.html> adresinden alındı
- Gerede, E. (2018a). Havacılık Emniyetine İlişkin Temel Kavramlar. E. Gerede, U. Turhan, E. Şekerli, & C. Bükeç içinde, *Havacılık Emniyeti* (s. 13). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Gerede, E. (2018b). İnsan Hatası ve İhlaller. E. Gerede, U. Turhan, E. B. Şekerli, & C. M. Bükeç içinde, *Havacılık Emniyeti* (s. 120-124). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Giannopoulos, G. A., Mitsakis, E., & Salanova, J. M. (2012). *Overview of Intelligent Transport Systems (ITS) developments in and across transport modes*. Joint Research Centre of the European Commission.

- Gillham, B. (2000). *Case Study Research Methods*. Paston Pre Press.
- Givoni, M., & Banister, D. (2007). Role of the Railways in the Future of Air Transport. *Transportation Planning and Technology* 30(1), 95-112.
- Gonzalez, I. A., Aranguren, B. B., Parra, S. d., Martinez, J. R., Olea, M. G., & Gutierrez, A. N.-Z. (2013). Optimization of Future Ground Operations for Aircraft. *Aerospace Engineering Air Navigation*.
- Goodman, L. A. (1961). Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics* , 148-170.
- Goyal, L., & Jatav, P. (2012). Cloud Computing: an Overview and its Impact on Libraries. *International Journal Of Next Generation Computer Applications Volume 1. Issue 1*, 9-15.
- Gökrem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 47-68.
- Grieves, M. W. (2005). Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises. *International Journal of Product Development*, Vol. 2, No. 1-2, 71-84.
- Grobotek, T. (2019, November 21). *Intelligent steps for the future*. eurocontrol : <https://www.eurocontrol.int/article/intelligent-steps-future> adresinden alındı
- Gürdal, G. (2014). Açık veri – açık erişim: Dünya ve Türkiye. *Türkiye Bilişim Derneği*, 104-109 .
- Güven, A. C. (2019). Akıllı Ulaşım Sistemleri Üzerine Sistematik Bir Literatür Taraması. *Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Halpern, N., Mwesiumo, D., Suau-Sanchez, P., Budd, T., & Bråthen, S. (2021). Ready for digital transformation? The effect of organisational readiness, innovation, airport size and ownership on digital change at airports. *Journal of Air Transport Management*.

- Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences Volume 91*, 99-131.
- Hayes, B. (2008). Cloud Computing. *Communications of the Acm, Vol:51 No:7*, 9-11.
- Heathrow Airport. (2020, 06 18). *Operational Safety Instruction Aircraft Arrival Procedure on Stand*. heathrow.com: https://www.heathrow.com/content/dam/heathrow/web/common/documents/company/team-heathrow/airside/operational-safety-instructions/ASGrOps_OSI_021.pdf adresinden alındı
- Holder. (2022). *Multi-use tractor MUVO*. aeroexpo.online: <https://www.aeroexpo.online/prod/max-holder-gmbh/product-168812-4133.html> adresinden alındı
- Horberry, T., Regan, M., & Toukhsati, S. (2007). Airport ramp safety and intelligent transport systems. *IET Intelligent Transport Systems*, 1(4), 234-240.
- IATA. (2011). *Vision 2050*. Singapore: IATA.
- IATA. (2019, 05 27). *Ground Handling Priorities: Safety, Global Standards and Modernization*. www.iata.org: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2019-05-27-01/> adresinden alındı
- IATA. (2020). *NEXTT Fact Sheet*. IATA.
- IATA. (2021, 11 16). *Ground Handling Priorities Post Pandemic: Tackling Labor Shortages, Modernization*. www.iata.org: <https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-11-16-01/> adresinden alındı
- IATA. (2022). *e-freight / e-AWB*. iata.org: <https://www.iata.org/en/programs/cargo/e/efreight/> adresinden alındı
- IATA. (2022). *Runway Safety*. iata.org: <https://www.iata.org/en/programs/safety/runway-safety/> adresinden alındı

- ICAO. (2015). *Runway Safety Team Handbook*. ICAO.
- ICAO. (2016). *Doc 4444 Procedures For Air Navigation Services Air Traffic Management*. ICAO.
- ICAO. (2018). *Doc 9859 Emniyet Yönetimi El Kitabı Dördüncü Baskı*. ICAO.
- ICAO. (2022). *HISTORY OF THE GASP*. icao.int: https://www.icao.int/safety/GASP/Pages/GASP_History.aspx adresinden alındı
- ICAO. (2022). *Strategic Objectives*. icao.int: <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/Strategic-Objectives.aspx> adresinden alındı
- İGA. (2022). *Hava Tarafı Operasyon*. istairport.com: <https://www.istairport.com/tr/ticari/operasyon/hava-tarafi-operasyon> adresinden alındı
- İGA Airport. (2021). *Teknoloji*. igaairport.com: <https://www.igairport.com/tr/istanbul-havalimani/havalimani-hakkinda/teknoloji> adresinden alındı
- İGA Airport. (2022). *İGA Zaman Yolculuğu*. igairport.aero: <https://www.igairport.aero/tr/iga-hakkinda/zaman-yolculugu> adresinden alındı
- Iorga, M., & Karmel, A. (2016). *Cloud Computing Security: Foundations and Challenges - Chapter 14: Cloud Computing Security Essentials and Architecture*. CRC Press.
- İsbak. (2022). *Erişilebilir Yaya Butonu*. isbak.istanbul: <https://www.isbak.istanbul/akilli-ulasim-sistemleri/trafik-yonetim-sistemleri/yaya-butonlari/erisilebilir-yaya-buton/> adresinden alındı
- I-SCOOP. (2018). *5G and IoT: the mobile broadband future of IoT*. i-scoop.eu: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/5g-iot/> adresinden alındı
- Işık, E., & Semerci, Ç. (2019). Eğitim Alanı Nitel Araştırmalarında Veri Üçgenlemesi Olarak Odak Grup Görüşmesi, Bireysel Görüşme ve Gözlem. *Turkish Journal of Educational Studies*, 6 (3), 53-66.

- Janušová, L., & Čičmancová, S. (2016). Improving safety of transportation by using intelligent transport systems. *Procedia Engineering*, 134, 14-22.
- Kaba, F., & Ürgün, S. (2019). Bir Hassas Yaklaşma Prosedürü Olarak ILS'in (Instrument Landing System) Önemi ve Uçuş Gecikme Maliyetlerine Etkisi Sayı 15 . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 333-342.
- Kagermann, H. (2014). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. *Management of Permanent Change*, 23–45.
- Kakavand, H., Kost De Sevres, N., & Chilton, B. (2017). The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies . *SSRN Electronic Journal*.
- Kamat. (2022). *Cleaning Airport Landing Strips with High-Pressure*. kamat.de: <https://www.kamat.de/en/applications/airportrunwaycleaningwithhigh-pressurewater.html> adresinden alındı
- Kassicieh, S., Anderson, S., Romig, A., Cummings, J., McWhorter, P., & Williams, D. (2000). A model for technology assessment and commercialization for innovative disruptive technologies. *Proceedings of the 2000 IEEE Engineering Management Society. EMS* , 340-344.
- Kaya, E. (2018). Ulaştırma Kavramı ve Önemi. K. Ergün , K. Erkin , N. Meserret , G. Ender , A. Haydar , B. Ünal , & K. Ferhan içinde, *Ulaştırma Sistemleri* (s. 9). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını.
- Kemp, E. L., & Kemp, J. K. (2014). A Thorougfare Through the Howling Wilderness: The Weston & Gauley Bridge Turnpike. E. L. Kemp, L. E. Metz, & R. J. Kapsch içinde, *Essays on the History of Transportation and Technology* (s. 49). West Virginia University Press.
- Kıral, B. (2020). Nitel Bir Veri Analizi Yöntemi Olarak Doküman Analizi. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 170- 189.

- Kirkland, G. (2019, 07 26). *What are the Levels of Autonomy for Self-Driving Vehicles?* roboticsbusinessreview:
<https://www.roboticsbusinessreview.com/unmanned/unmanned-ground/what-are-the-levels-of-autonomy-for-self-driving-vehicles/> adresinden alındı
- Knickrehm, M., Berthon, B., & Daugherty, P. (2016). *Digital Disruption: The Growth Multiplier*. Accenture.
- Koçyiğit, M. M. (2018). Havaalanı Ekonomik Yapısı ve Finansmanı. F. Şengür, Y. Şengür, C. Özenen, M. Koçyiğit, M. Güngören, U. Turhan, & V. Durmaz içinde, *Havaalanı Yönetimi* (s. 105). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Kovynyov, I., & Mikut, R. (2018). Digital technologies in airport ground operations. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 1-25.
- Krasniqi, X., & Hajrizi, E. (2016). Use of IoT Technology to Drive the Automotive Industry from Connected to Full Autonomous Vehicles. *IFAC Papers Online* 49-29, 269-274.
- Küçük Yılmaz, A. (2003). *Havacılıkta Emniyet Açısından Risk Yönetimi ve Havacılık Örgütlerinden Uygulama Örnekleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Lahmiss, H., & Khatory, A. (2021). Trends and Applications of Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). A. Saka, J.-Y. Choley, J. Louati, Z. Chalh, M. Barkallah, M. Alfidi, . . . M. Haddar içinde, *Saka, Abdelmjid; Choley, Jean-Yves; Louati, Jamel; Chalh, Zakaria; Barkallah, Maher; Alfidi, Mohammed; Amar, Mounir Ben; Chaari, Fakher; Haddar, Mohamed (2021). [Lecture Notes in Mechanical Engineering] Advances in Integrated Design and Productio* (s. 527-536). Morocco: Lecture Notes in Mechanical Engineering- Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Design and Production 2019.
- Larouze, J., & Le Coze, J.-C. (2020). Good And Bad Reasons: The Swiss Cheese Model And Its Critics. *Safety Science Volume 126*.

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature* 521, 436–444.
- Lincoln, Y., & Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- Liou, J., Yen, L., & Tzeng, G.-H. (2008). Building An Effective Safety Management System For Airlines. *Journal of Air Transport Management*, Volume 14, Issue 1, 20-26.
- Lo, C. (2011, 09 29). *Railway Technology*. railway-technology.com:
<https://www.railway-technology.com/analysis/featuresky-tracks-airport-rail-links/> adresinden alındı
- Loeches, P. L. (2020, 04 14). *New technologies and innovation are essential for both Aena's present and future development*. internationalairportreview:
<https://www.internationalairportreview.com/article/114628/innovation-aena-airport-development-technologies/> adresinden alındı
- Mackay, S. (2019). *EIT*. Integrating automation into airport ground equipment:
<https://www.eit.edu.au/integrating-automation-into-airport-ground-equipment/> adresinden alındı
- Mansel, D., & Coogan, M. (2000). Use of Public Transportation by Airport Passengers. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*.
- Mansilla, D., Armentia, J., & Ipina, D. (2012). Fighting against Vampire Appliances through Eco-aware Things. *Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services, Ubiquitous Computing*.
- Matulka, R. (2014, 09 15). *The History of the Electric Car*. energy.gov:
<https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> adresinden alındı
- Medvedev, A., Alomar, I., & Augustyn, S. (2017). INNOVATION IN AIRPORT DESIGN. *Taylor & Francis Aviation*, 23-28.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing . *Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*.

- Möller, N., Hansson, S. O., & Peterson, M. (2006). Safety is more than the antonym of risk. *Journal of Applied Philosophy*, Vol. 23, No. 4, , 419–432 .
- Nagel, D. C. (1988). Human Error in Aviation. D. C. Nagel içinde, *Human Factors in Aviation* (s. 266). Academic Press, Inc.
- NASA. (2010). *Draft Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap*.
- NHTSA. (2022). *The Evolution of Automated Safety Technologies*. nhtsa.gov: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> adresinden alındı
- Nilsson, N. J. (1984). *Shakey The Robot*. SRI International.
- Njord, J., Peters, J., Freitas, M., Warner, B., Allred, K., Bertini, R., . . . Warne, T. (2006). *Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Noussan, M., Hafner, M., & Tagliapietra, S. (2020). *The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization (Trends, Strategies and Effects on Energy Consumption)* || . Springer Briefs in Energy.
- Nuthanapati, S. (2021). Aviation Safety : An Overview. *Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering*.
- Oktal, H. (2018). Havaalanı Planlaması. S. S. Ateş, H. Oktal, M. Özgür, F. Şengür, E. Çınar, Ü. Battal, . . . V. Durmaz içinde, *Havaalanı Sistemi* (s. 34). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Oussous, A., Benjelloun, F.-Z., Lahcen, A., & Belfkih, S. (2018). Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* Volume 30, Issue 4, 431-448.
- Overaasen. (2022). *TV 1000/TV 1000+ Performance Line*. overaasen.no: <https://overaasen.no/528> adresinden alındı

- Özden, A., Akalın, K. B., & Kara, Ç. (2019). Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: Türkiye’de Belediyelerin Sunduğu Hizmetlerin Değerlendirilmesi. *Journal of Transportation and Logistics* 4 (2), 51-64.
- Özkılıç, Ö. (2008). *Tehlike Ve Risk Kavramları – Terminoloj*. İş Teftiş İstanbul Grup Başkanlığı.
- Palinkas, L., Horwitz, S., Green, C., Wisdom, J., Duan, N., & Hoagwood , K. (2015). Purposeful Sampling for Qualitative Data Collection and Analysis in Mixed Method Implementation Research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research* volume 42, 533–544.
- Pang, K. (2021, 11 26). *Shanghai Maglev Train — The Fastest Train in the World*. chinahighlights.com:
[https://www.chinahighlights.com/shanghai/transportation/maglev-train.htm#:~:text=Shanghai%20Maglev%20Train%20\(Shanghai%20Maglev,30%20km%20\(19%20miles\)](https://www.chinahighlights.com/shanghai/transportation/maglev-train.htm#:~:text=Shanghai%20Maglev%20Train%20(Shanghai%20Maglev,30%20km%20(19%20miles).). adresinden alındı
- Patton, M. Q. (2005). Qualitative Research. *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*, 1633–1636.
- Pell, R., & Blondel, M. (2018). *Airport Digital Transformation*. Amadeus.
- Price, J., & Forrest, J. (2016). *Practical Airport Operations, Safety, and Emergency Management Protocols for Today and the Future*. Elsevier.
- Qureshi, K., & Abdullah, A. (2013). A Survey on Intelligent Transportation Systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 629-642.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.
- Reason, J., & Hobbs, A. (2003). *Managing Maintenance Error*. CRC Press.
- Reason, J., Hollnagel, E., & Paries, J. (2006). *Revisiting The « Swiss Cheese » Model Of Accidents*. Bruxelles: EUROCONTROL.

- Resmi Gazete. (2021). *Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi (2021-2030) ve Karayolu Trafik Güvenliği Eylem Planı (2021-2023)*. Cumhurbaşkanlığı.
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems, Fifth Edition*. New York: Routledge.
- Rose, A. (2006). Measuring Operational Safety in Aviation . *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 78(1), 26–31.
- Rosen, R., Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. (2015). About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 567-572.
- Ruacan, Ş. (2005). Bilimsel Araştırma Ve Yayınlarda Etik İlkeler. *Gazi Tıp Dergisi Cilt 16: Sayı 4* , 147-149.
- SAE. (2021, 05 3). *SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience*. sae.org: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update> adresinden alındı
- Sagiroglu, S., & Sinanc, D. (2013). Big data: A review. *International Conference On Collaboration Technologies And Systems (Cts)*, 42-47.
- Saifutdinov, F., & Tolujevs, J. (2021). Time And Space Discretization in The Digital Twin Of The Airport Transport Network. *Transport and Telecommunication, volume 22, no. 3*, 257-265.
- Sepulcre, M., Gozálvez, J., & Hernandez, J. (2013). Cooperative vehicle-to-vehicle active safety testing under challenging conditions. *Transportation Research Part C journal*, 233-255.
- Serrano, F., & Kazda, A. (2020). The future of airports post COVID-19. *Journal of Air Transport Management* .
- SESAR. (2020). *Digital European Sky Blueprint*. SESAR Joint Undertaking.

- SESAR JU. (2022). *About SESAR*. sesarju.eu: <https://www.sesarju.eu/discover-sesar> adresinden alındı
- Shafique, K., Khawaja, B., Sabir, F., & Qazi, S. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *Special Section On Antenna And Propagation For 5g And Beyond*.
- SHGM. (2011). *Havaalanlarında Taksi Yolları, Apronlar Ve Bekleme Yerleri İçin Tasarım Kriterleri*. SHGM.
- SHGM. (2012). *Emniyet Yönetim Sistemi Temel Esaslar*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları.
- SHGM. (2012). *Emniyet Yönetim Sistemi Temel Esaslar*. T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2012). *Sivil Havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi Yönetmeliği*. Resmi Gazete.
- SHGM. (2014). *Ramp Hizmetleri*. SHGM.
- SHGM. (2019). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Stratejik Planı 2019-2023*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2022). *Havaalanı ve Pist Emniyeti*. shgm.gov: <https://web.shgm.gov.tr/tr/havaalanlari/2076-havaalani-ve-pist-emniyeti> adresinden alındı
- Shields, W. M. (2007). *Theory and Practice in the Study of Technological Systems. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Doctoral Thesis*,.
- Silla, A., Leden, L., Rämä, P., Scholliers, J., & Van Noort, M. (2017). Can cyclist safety be improved with intelligent transport systems? *Accident Analysis and Prevention* 105, 134–145.

- Sivasubramanian, M. (2021). Artificial Intelligence's Impact On Our Everyday Lives. J. Karthikeyan, T. S. Hie, & N. Y. Jin içinde, *Learning Outcomes Of Classroom Research* (s. 1-9). New Delhi: L Ordine Nuovo Publication.
- Skybrary. (2022). *Airborne Separation Assurance Systems (ASAS)*. skybrary.aero: <https://skybrary.aero/articles/airborne-separation-assurance-systems-asas> adresinden alındı
- Skybrary. (2022). *ICAO SHELL Model*. skybrary.aero: <https://skybrary.aero/articles/icao-shell-model> adresinden alındı
- Smart Air Cargo Trailer. (2018). *Smart Air Cargo Trailer For Autonomous Air Cargo Transportation*. Smart Air Cargo Trailer: <https://smartaircargotrailer.com/> adresinden alındı
- Sovacool, B. K. (2009). Early modes of transport in the United States: . *Policy and Society* 27, 411–427.
- Sportillo, D., Paljic, A., Boukhris, M., Fuchs, P., Ojeda, L., & Roussarie, V. (2017). An Immersive Virtual Reality System for Semi-autonomous Driving Simulation: A Comparison between Realistic and 6-DoF Controller-based Interaction. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering*, 6-10.
- Spradley, J. P. (1980). *Participant Observation*. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Stanton, N., & Salmon, P. (2009). Human error taxonomies applied to driving: A generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. *Safety Science* 47, 227–237.
- Stolzer, A., & Goglia, J. (2015). *Safety Management Systems in Aviation*. Ashgate Publishing Limited.
- Stuckey, H. L. (2015). The Second Step In Data Analysis: Coding Qualitative. *Methodological Issues in Social Health and Diabetes Research*, 7-10.
- Sudarshan, H. (2011). *Safety Management Principles*. ICAO.

- Sulmona, J. (2021, 08 31). *Digital Twin: A Real-Time Interactive Airport Visualization Tool* . blog.aci: <https://blog.aci.aero/digital-twin-a-real-time-interactive-airport-visualization-tool/> adresinden alındı
- Sustainable Bus. (2022, 01 03). *First airport with wireless e-bus charging in the world. US: Kansas Airport turns to Momentum Dynamics*. sustainable-bus.com: <https://www.sustainable-bus.com/infrastructure/kansas-airport-wireless-charging-momentum-dynamics-buses/> adresinden alındı
- Szostak, R. (1991). *The Role of Transportation in the Industrial Revolution: A Comparison of England and France*. McGill-Queen's University Press.
- T.C. İçişleri Bakanlığı. (2013, 01 22). *Hayat Kurtaran Uluslararası Yol Güvenlik Sistemi Türkiye’de- Basın açıklaması*. içişleri.gov.tr: <https://www.icisleri.gov.tr/hayat-kurtaran-uluslararasi-yol-guvenlik-sistemi-turkiye-de-22-01-2013> adresinden alındı
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2018). *Havacılık ve Uzay Teknolojileri*. Ankara: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022, 03 09). *Basın Odası, Haberler*. uab.gov: <https://www.uab.gov.tr/haberler/ulastirma-ve-altyapi-bakani-adil-karaismailoglu-akilli-ulasim-sistemleri-ile-seyahat-sureleri-azaliyor-trafik-guvenligi-artiyor-akilli-ulasim-sistemleri-ile-mevcut-yol-kapasiteleri-daha-etkin-ve-verimli-kullaniliyor> adresinden alındı
- TCRP. (2000). *New And Emerging Technologies For Airport Access*. T. C. Program içinde, *Improving Public Transportation Access to Large Airports* (s. 106-142). FTA.
- Teichert, R. (2019). Digital transformation maturity: A systematic review of literature . *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 1673-1687.

- Tektaş, M., & Tektaş, N. (2019). Akıllı Ulaşım Sistemleri(AUS) Uygulamalarının Sektörlere Göre Dağılımı . *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi* 2(1), 32-41.
- Terzioğlu, M. (2007). Uçak Kazalarının Nedeni Olarak İnsan Hatalarını Azaltmada Ekip Kaynak Yönetimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı İnsan Kaynakları Programı Yüksek Lisans Tezi* .
- Thordsen, T., Murawski, M., & Bick, M. (2020). How to Measure Digitalization? A Critical Evaluation of Digital Maturity Models. *Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology* (s. 358-369). Lecture Notes in Computer Science.
- Tufan, H. (2014). Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları Ve Türkiye İçin Bir Aus Mimarisi Önerisi. *Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi* .
- Turkish Cargo. (2022). *Dijital Kargo*. turkishcargo.com: <https://www.turkishcargo.com.tr/tr/urun-ve-hizmetler/dijital-kargo> adresinden alındı
- U.S. Department of Transportation. (2021). *History Of Intelligent Transportation Systems 2021 Uptade*. U.S. Department of Transportation.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. (2020). *Public Involvement*. fhwa.dot: https://www.fhwa.dot.gov/planning/public_involvement/archive/legislation/istea.cfm adresinden alındı
- UAB. (2020). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı*. Ankara: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.
- UAB. (2021). *12. Ulaştırma ve Haberleşme Şurası Sonuç Bildirisi*. İstanbul: T.C: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.

- UAB. (2022). *Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)*. hgm.uab.gov: <https://hgm.uab.gov.tr/akilli-ulasim-sistemler-aus> adresinden alındı
- UDHB. (2013). *11. Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Şurası*. Ankara: T.C. Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı.
- UDHB. (2014). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016)*. Ankara: UDHB.
- UDHB ve KGM. (2016). *Karayollarında Ağır Taşıt Trafikinin ve Yük Taşımacılığının Özellikleri ve Eğilimleri, 2010-2011-2012-2013-2014 Yılı Etüt Sonuçları*. Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü.
- UNILODE. (2022). *Uld Fleet Digitisation Is Progressing Fast*. unilode.com: <https://www.unilode.com/digital-solutions/digital-uld-fleet/> adresinden alındı
- Ustaömer, T., & Şengür, F. (2020). Havacılıkta Emniyet Kültürü: Reason'ın Emniyet Kültürü Modelinin İncelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 8(1) , 95–104.
- Utikad. (2013, 01 23). 3. *Havalimanıyla İlgili Tüm Detaylar*. utikad.org: <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/10686/3-havalimanıyla-ilgili-tum-detaylar> adresinden alındı
- Uyar, T. (2019). *Havacılık Emniyet Yönetim Sistemlerinde Risk Kavramı Ve Risk Değerlendirmede Çerçeveleme Etkisine Yönelik Bir Araştırma*. İstanbul: T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Vattapparamban, E., Guvenc, I., Yurekli, A. I., Akkaya, K., & Uluagac, S. (2016). Drones for Smart Cities: Issues in Cybersecurity, Privacy, and Public Safety. *2016 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)* (s. 216-221). IEEE.
- Volvo Trucks. (2019, 02 18). *volvotrucks.com*. Volvo Trucks'tan İstanbul Havalimanı'nda kullanılmak üzere 5 özel üretim itfaiye kamyonu :

<https://www.volvotrucks.com.tr/tr-tr/news/press-releases/2019/feb/IGA.html>
adresinden alındı

Waters, W. (2019, 08 15). *Next-level cargo handling*. caasint.com:
<https://www.caasint.com/issue-article/next-level-cargo-handling/> adresinden
alındı

Wells, C. W. (2007). The Road to the Model T: Culture, Road Conditions, and Innovation at the Dawn of the American Motor Age. *Faculty Publications. Paper 1*.

Whyte, C. (2016, 06 14). *How Maglev Works*. energy.gov:
<https://www.energy.gov/articles/how-maglev-works#:~:text=The%20front%20corners%20have%20magnets,design%20creates%20a%20smooth%20trip>. adresinden alındı

Wiegmann, D., & Shappell, S. (2003). *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis The Human Factors Analysis and Classification System*. Ashgate.

Winnipeg Airports Authority. (2019). *Winnipeg Richardson International Airport Unveils North America's First Autonomous Airport Snowplow*. Waa.ca:
[https://www.waa.ca/en/newsroom/view/109/winnipeg-richardson-international-airport-unveils-north-americas-first-autonomous-airport-snowplow/#:~:text=WINNIPEG%2C%20Manitoba%20%2D%20March%2014%2C,\(ATI\)](https://www.waa.ca/en/newsroom/view/109/winnipeg-richardson-international-airport-unveils-north-americas-first-autonomous-airport-snowplow/#:~:text=WINNIPEG%2C%20Manitoba%20%2D%20March%2014%2C,(ATI)). adresinden alındı

Wu, J., Wang, X., Dang, Y., & Lv, Z. (2022). Digital twins and artificial intelligence in transportation infrastructure: Classification, application, and future research directions. *Computers and Electrical Engineering Volume 101*.

Yaman, H. T. (2014). Akıllı Ulaşım Sistemleri Tanımı ve Kapsamı. *Akıllı Ulaşım ve Güvenlik Sistemleri- Mart/Nisan*, 54.

Yanyan, D., & Meng, C. (2020). Application Problems and Solutions of Intelligent Airport Service Robots . *E3S Web of Conferences* . EDP Sciences.

- Yıldırım, A. (1999). Nitel Araştırma Yöntemlerinin Temel Özellikleri ve Eğitim Araştırmalarındaki Yeri ve Önemi. *Eğitim ve Bilim*, 23(112), 7-17.
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research Design and Methods*. Sage Publications.
- Yüksel, H. (2012, 01 01). *Bulut Bilişim El Kitabı*. <https://yukselis.files.wordpress.com/https://yukselis.files.wordpress.com/2012/01/bulutbilic59fimekitabc4b1.pdf> adresinden alındı
- Zhan, Y. (2020). Blockchain. X. (. Shen, X. Lin, & K. Zhang içinde, *Encyclopedia of Wireless Networks* (s. 115). Springer.
- Zhang, D., & Tan, P. (2021). Internet of Things and Intelligent Transportation System. *Journal of Physics: Conference Series* .

EKLER LİSTESİ

Ek 1- Görüşme Formu.....	2
Ek 2- Araştırma Gönüllü Katılım Formu.....	3
Ek 3- Etik Kurul Kararı.....	4



Ek 1- Görüşme Formu

GÖRÜŞME FORMU							
Adı Soyadı							
Eğitim Düzeyi							
Mesleki Tecrübe							
Çalıştığı Kurum							
Pozisyon							
<i>Değerli Katılımcı,</i> <i>Bu görüşme formu, tamamen bilimsel amaçlar için hazırlanmıştır ve kişisel bilgileriniz sizden izin alınmadan kesinlikle paylaşılmayacaktır.</i> <table><tbody><tr><td style="text-align: center;">Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ</td><td style="text-align: center;">Ezgi FİLAZOĞLU</td></tr><tr><td style="text-align: center;">Eskişehir Teknik Üniversitesi</td><td style="text-align: center;">Eskişehir Teknik Üniversitesi</td></tr><tr><td style="text-align: center;">Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi</td><td style="text-align: center;">Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi</td></tr></tbody></table>		Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ	Ezgi FİLAZOĞLU	Eskişehir Teknik Üniversitesi	Eskişehir Teknik Üniversitesi	Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi	Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ	Ezgi FİLAZOĞLU						
Eskişehir Teknik Üniversitesi	Eskişehir Teknik Üniversitesi						
Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi	Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi						
Eğitim ve mesleki hayatınız başta olmak üzere kendinizi tanıtır mısınız? Sizce apron emniyetini neler tehdit eder? Sizce apron emniyetini arttırmak için kimlere (havaalanı yönetimi, yer hizmetleri, havayolları ve diğer şirketler) ne gibi görevler düşmektedir? Aprondaki teknik, fiziki ve teknolojik koşullar açısından Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı arasındaki farklar sizce nelerdir? İstanbul Havalimanı apronunda kullanılan akıllı ulaşım sistemleri nelerdir ve bu sistemler apron emniyetini nasıl etkiliyor? Sizce apron emniyetinin artırılması için başka neler yapılabilir? Konuyla ilgili olarak eklemek istediğini başka bir şey var mı?							

Ek 2- Araştırma Gönüllü Katılım Formu

ARAŞTIRMA GÖNÜLLÜ KATILIM FORMU

Bu çalışma, Apron Emniyetinde Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı Karşılaştırması başlıklı bir araştırma çalışması olup apron emniyetine akıllı ulaşım sistemlerinin etkisini araştırma amacını taşımaktadır. Çalışma, Doç. Dr. Savaş S Ateş tarafından yürütülmekte ve sonuçları ile İstanbul Havalimanı'nda apron emniyeti amacıyla kullanılan teknolojiler ortaya konacaktır ve apron emniyetinin gelişimine ışık tutulacaktır.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda, görüşmeler yapılarak sizden veriler toplanacaktır.
- İsminizi yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz/araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler bulut yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık Yönetimi bölümünden Ezgi Filazoğlu'na yöneltebilirsiniz.

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Ek 3- Etik Kurul Kararı

Eskişehir Teknik Üni. Evrak Tarih ve Sayısı: 06.12.2021 - 47151



T.C.
ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği

Sayı : E-87914409-050.03.04-47151
Konu : 01/12/2021 tarihli 18/7 sayılı Etik Kurul
Kararı

06.12.2021

HAVACILIK VE UZAY BİLİMLERİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 17.11.2021 tarih ve E.45019 sayılı yazınız.

İlgi yazınıza istinaden Rektörlüğümüze gönderilen Doç.Dr. Savaş Selahattin ATEŞ'in yürütücülüğünü yaptığı "Apron Emniyetinde Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı" başlıklı araştırma projesine ilişkin başvurusu Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından incelenmiş olup etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve uygulama dosyasının hazırlanmasında, ilgili kurumun bulunması halinde Etik Kurulu Yönergesinin dikkate alınması hususunda gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Gürsoy ARSLAN
Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel
Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSMKUK83V5

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

Adres:İki Eylül Kampüsü Tepebaşı/Eskişehir
Telefon:+90 222 321 35 50/7453 Faks:+90 222 335 36 16
e-Posta:gensek@eskisehir.edu.tr Web:gensek@eskisehir.edu.tr
Kep Adresi:eskisehirteknikuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Dilek Elif SERTOĞLU
Unvanı: Büro Personeli

Tel No: 1116



ÖZGEÇMİŞ

Ad- Soyad : Ezgi FİLAZOĞLU

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Geçmişi:

2022- Eskişehir Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Havacılık Yönetimi Bölümü

2018- Anadolu Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü

Mesleki Geçmiş:

2018- 2019, Harekat Memuru, Adana HAVAŞ

2020-2022, Araştırma Görevlisi, Nişantaşı Üniversitesi Havacılık Yönetimi İngilizce Bölümü