



**UÇUŞ SİMÜLATÖRLERİNİN PİLOT
EĞİTİMİ VE PİLOTLARIN KARIYER
SÜRECİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK
LİTERATÜR TARAMASI VE MALİYET
PERSPEKTİFİ**

Yüksek Lisans Tezi

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

Eskişehir 2025

**UÇUŞ SİMÜLATÖRLERİNİN PİLOT EĞİTİMİ VE PİLOTLARIN
KARİYER SÜRECİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI
VE MALİYET PERSPEKTİFİ**

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pilotaj Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAŞ

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Aralık 2025

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN'ın "UÇUŞ SİMÜLATÖRLERİNİN PİLOT EĞİTİMİ VE PİLOTLARIN KARIYER SÜRECİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI VE MALİYET PERSPEKTİFİ" başlıklı tezi 30/12/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Pilotaj Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAŞ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ertan ÇINAR

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ufuk EROL

.....

Prof. Dr. Harun BÖCÜK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

30.12.2025

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Hurşit Deniz ZERDOğAN'ın "UçUş şİMLATRLERİNİN PİLOT EğİTİMİ VE PİLOTLARIN KARİYER SÜRECİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI VE MALİYET PERSPEKTİFİ" başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı
Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAş

ÖZET

UÇUŞ SİMÜLATÖRLERİNİN PİLOT EĞİTİMİ VE PİLOTLARIN KARIYER SÜRECİNDEKİ ROLÜ: SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI VE MALİYET PERSPEKTİFİ

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

Pilotaj Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Aralık 2025

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAŞ

Havacılıkta, yeryüzünde karşılaştığımızdan çok daha fazla değişkenle karşı karşıya kalırız. Ayrıca, kara ulaşımında hasarsız veya hafif hasarla atlatılabilecek anormal durumlar, havacılıkta ciddi trajedilere yol açabilmektedir. Wright Kardeşler'in ilk uçuş denemelerinden bu yana, söz konusu değişkenlerle baş edebilmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Havacılık sektörünün yapısı gereği, yüksek maliyetli olması ve başta pilotlar olmak üzere sektörde görev alacak personelin titiz, verimli ve maliyet-etkin bir eğitim sürecinden geçmesi zorunludur. Bunun yanında, teknolojinin hızla gelişmesi, sektörün küreselölçekte büyümesi ve dünya genelinde artan pilot ihtiyacı gibi faktörler, pilot eğitimlerinin aşamalı hale gelmesine ve bu eğitimlerin etkili ve makul sürede tamamlanması gerekliliğini doğurmuştur. Bu doğrultuda, uçuş simülatörleri, havacılık denemelerinin başlangıcına yakın bir dönemde kullanılmaya başlanmış ve günümüzde pilot eğitiminde kritik bir yer edinmiştir.

Bu çalışmanın amacı, pilot eğitiminin ayrılmaz bir parçası olan uçuş eğitim cihazları alanında yapılmış mevcut çalışmaları sistematik literatür analizi yoluyla derlemek, alanın genel durumunu ortaya koymak, mevcut eksiklikleri belirlemek, araştırma boşluklarını tanımlamak ve gelecekteki araştırma yönelimlerini saptamaktır.

Anahtar Kelimeler: Uçuş eğitimi, Pilot eğitimi, Uçuş simülatörleri, Maliyet, Kariyer.

ABSTRACT

THE ROLE OF FLIGHT SIMULATORS IN PILOT TRAINING AND PILOTS CAREER DEVELOPMENT : A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND COST PERSPECTIVE

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

Department of Pilotage

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, December 2025

Supervisor: Asst. Prof. Tamer SAVAŞ

In aviation, we encounter far more variables than those faced on the surface of the Earth. Moreover, abnormal situations that could be overcome without damage or with minor damage in ground transportation may lead to serious tragedies in aviation. Since the Wright Brothers' first flight attempts, various studies have been conducted in order to cope with these variables.

Due to the nature of the aviation industry, it is a high-cost sector, and it is mandatory for personnel—especially pilots—who will work in the industry to undergo a meticulous, efficient, and cost-effective training process. In addition, factors such as the rapid advancement of technology, the global growth of the industry, and the increasing demand for pilots worldwide have necessitated that pilot training be conducted in stages and that this training be completed effectively within a reasonable timeframe. In this context, flight simulators began to be used around the early stages of aviation experimentation and have today gained a critical role in pilot training.

The aim of this study is to compile existing research conducted in the field of flight training devices, which are an integral part of pilot training, through a systematic literature review; to present the general state of the field; to identify existing deficiencies; to define research gaps; and to determine future research directions.

Keywords: Flight training, Pilot training, Flight simulators, Cost, Career.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanma sürecinde bilgi, tecrübe ve desteğiyle her zaman yanımda olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tamer SAVAŞ'a; yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve katkılarıyla beni yönlendiren Pilotaj Anabilim Dalı Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZDEMİR'e; derslerinde bilgi ve birikimlerini bizimle paylaşan Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı Öğr. Üyesi Prof. Dr. Ayşe KÜÇÜK YILMAZ'a ve tez savunmam sürecinde değerlendirme ve önerileriyle çalışmama katkıda bulunan jüri üyelerine teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bu süreci iş yaşantımla beraber sürdürebilmemde destek ve anlayışları sebebiyle başta Makel A.Ş. işletme müdürü Şenol AVCI olmak üzere tüm Makel A.Ş. ekibine teşekkürü borç bilirim.

Bu zorlu süreçte, başta eşim ve amcam olmak üzere aileme en içten şükranlarımı sunarım. Bu çalışmayı yüksek lisans eğitimimin başlangıcından itibaren beni motive eden fakat tez yazımı sürecinde kaybettiğim dedem Hasan ÖZERDOĞAN'a ithaf ediyorum.

30/12/2025

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 programıyla” 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.

Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI.....	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE.....	8
2.1. Simülatör Teknolojisinin Tarihçesi.....	8
2.1.1. Simülasyonun temeli ve havacılıktaki ilk uygulamalar.....	8
2.1.2. Link trainer ve erken mekanik simülatörler.....	9
2.1.3. İkinci dünya savaşı ve sonrası hızlanan gelişim.....	11
2.1.4. Sayısal simülasyona geçiş.....	12
2.1.5. Mikroelektronik çağ ve entegre sistemlere geçiş.....	13
2.2. Uçuş Simülatörlerinin Pilot Eğitimindeki Yeri.....	13
2.2.1. Uçuş simülatörlerinin pilot eğitimindeki işlevi.....	14
2.2.2. Simülatörlerin uçuş emniyetine katkısı.....	16
2.2.3. Simülatörlerin maliyet avantajları.....	19
2.3. Simülatör Tipleri ve Kullanım Amaçları.....	22
2.3.1. FAA Simülatör sınıflandırması.....	23
2.3.1.1. <i>Full flight simulator (FFS)</i>	24
<i>Full flight simulator (FFS) seviye A</i>	25
<i>Full flight simulator (FFS) seviye B</i>	25
<i>Full flight simulator (FFS) seviye C</i>	25
<i>Full flight simulator (FFS) seviye D</i>	25
2.3.1.2. <i>Flight training device (FTD)</i>	26
<i>Flight training device (FTD) seviye 4</i>	27

<i>Flight training device (FTD) seviye 5</i>	28
<i>Flight training device (FTD) seviye 6</i>	28
<i>Flight training device (FTD) seviye 7</i>	29
2.3.1.3. <i>Aviation training device (ATD)</i>	29
<i>BATD – Temel havacılık eğitim cihazı)</i>	30
<i>AATD - Gelişmiş havacılık eğitim cihazı)</i>	30
2.3.2. EASA Simülatör sınıflandırması	30
2.3.2.1. <i>Flight training device (FTD)</i>	31
<i>Flight training device (FTD) seviye 1</i>	31
<i>Flight training device (FTD) seviye 2</i>	31
<i>Flight training device (FTD) seviye 3</i>	31
2.3.2.2. <i>Flight and navigation procedures trainer (FNPT)</i>	32
<i>FNPT I</i>	33
<i>FNPT II ve FNPT II MCC</i>	33
2.3.2.3. <i>BITD</i>	33
2.4. Pilot Açığı ve Küresel Pilot Talebi.....	34
3. YÖNTEM.....	39
3.1. Sistematik Literatür Taraması Yönteminin Tanımı ve Uygulama Süreci... 41	
3.1.1. Araştırma sorusunun belirlenmesi	42
3.1.2. Veri tabanının seçilmesi ve anahtar kelimelerin belirlenmesi	42
3.1.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi	43
3.1.4. Kaynakların taranması ve ön incelenmesi	43
3.1.5. PRISMA Diyagramı ile sürecin görselleştirilmesi.....	43
3.1.6. Verilerin sistematik olarak çıkarılması	44
3.1.7. Tematik kodlama ve sentez	44
3.1.8. Sistematik literatür taramasının disiplinler arası önemi	44
3.2. Sistematik Literatür Taramasının Uygulanması	45
3.2.1. Araştırma sorusunun belirlenmesi	45
3.2.2. Veri tabanlarının seçilmesi ve anahtar kelimelerin belirlenmesi.....	46
3.2.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi	47
3.2.4. Kaynakların taranması ve ön incelenmesi	48
3.2.5. PRISMA Diyagramı ile sürecin görselleştirilmesi.....	49
3.2.6. Verilerin sistematik olarak çıkarılması	50

3.2.7. Tematik kodlama ve sentez	50
4. BULGULAR	51
4.1. Maliyet Teması	51
4.2. Eğitim Teması	51
4.3. Kariyer Teması	52
4.4. Yayınların Ülkelere Göre Dağılımı	52
4.5. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı	54
4.6. Yayın Türlerine Göre Dağılım	55
4.7. Tematik Kodlama ve Meta-Sentez Bulguları	56
4.7.1. Simülatör teknolojisi ve maliyet ilişkisi	61
4.7.2. Simülatör teknolojinin eğitimdeki etkinliği	66
4.7.3. Simülatör teknolojinin pilotların kariyer gelişimine etkisi	76
5. SONUÇ, TARTIŞMA, ÖNERİLER	79
5.1. Sonuç	79
5.2. Tartışma	83
5.3. Öneriler	84
KAYNAKÇA	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. FAA FFS Simülâtör seviyeleri arasındaki karşılaştırma	26
Tablo 2.2. Farklı yıllara ve coğrafi bölgelere ilişkin pilot talebi tahminleri	38
Tablo 3.1. Araştırmaya dahil edilen arama izinleri	46
Tablo 3.2. Araştırmadan dışlanan arama izinleri.....	46
Tablo 3.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin açıklamalı tablosu	47
Tablo 4.1. 2000–2024 Yılları arasında en çok atıf alan 30 yayının listesi.....	59
Tablo 4.2. ÖSYM Kılavuzunda yer alan üniversitelerin yıllık ücretleri.....	62
Tablo 4.3. SHT-FCL Kapsamında Simülâtör Entegrasyonunun Maliyet Etkisi	65
Tablo 4.4. Geleneksel eğitim ve senaryo tabanlı eğitimin karşılaştırılması.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Eastern Air Lines Flight 375 kazası	3
Şekil 1.2.	Colgan Air Flight 3407 kazası	4
Şekil 2.1.	1910 Yılında geliştirilmiş Sanders Teacher cihazı	9
Şekil 2.2.	1930’lu Yıllarda geliştirilen “Link Trainer” isimli uçuş simülatörü.....	10
Şekil 2.3.	Havacılık kazalarında insan ve teknik arıza oranlarının zaman içindeki değişimi	17
Şekil 2.4.	Uçuş simülatörlerinin tasarruf oranları	21
Şekil 2.5.	FAA ve EASA Kriterlerine Göre Simülasyon Sınıflandırmaları	23
Şekil 2.6.	HAVELSAN Tarafından geliştirilen FFS	24
Şekil 2.7.	Geliştirilmiş Uçuş Eğitim Cihazı (FTD) kokpit görünümü	27
Şekil 2.8.	FAA Onaylı BATD cihazı.....	30
Şekil 2.9.	FNPT II sınıfı kokpit görünümü	32
Şekil 2.10.	BITD cihazının kokpiti.....	34
Şekil 3.1.	Çalışmada kullanılan PRISMA akış diyagramı	40
Şekil 3.2.	Sistemik literatür taraması sürecinde izlenen aşamalar	41
Şekil 3.3.	Sistemik literatür taramasına ilişkin PRISMA akış diyagramı.....	49
Şekil 4.1.	Literatür taramasına dahil edilen çalışmaların coğrafi dağılımı.....	53
Şekil 4.2.	Taranan çalışmaların trend grafiği.....	55
Şekil 4.3.	İncelemeye dahil edilen çalışmaların türlere göre dağılımı.....	56
Şekil 4.4.	İncelenen yayınların tematik dağılımı.....	57
Şekil 4.5.	Çalışmada oluşturulan kelime bulutu.....	58
Şekil 4.6.	SHGM yıllara göre uçak trafiği.....	74
Şekil 5.1.	Havacılık kazalarındaki insan faktörü oranları.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AATD	: Advanced Aviation Training Device (Gelişmiş Havacılık Eğitim Cihazı)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AOPA	: Aircraft Owners and Pilots Association (Uçak Sahipleri ve Pilotlar Derneği)
ATD	: Aviation Training Device (Havacılık Eğitim Cihazı)
ATP	: Airline Transport Pilot (Hava Yolu Taşımacılığı Pilotu)
ATPL	: Airline Transport Pilot Licence (Hava Yolu Taşımacılığı Pilot Lisansı)
BATD	: Basic Aviation Training Device (Temel Havacılık Eğitim Cihazı)
BITD	: Basic Instrument Training Device (Temel Aletli Eğitim Cihazı)
CBT	: Computer-Based Training (Bilgisayar Tabanlı Eğitim)
CBTA	: Competency-Based Training and Assessment (Yeterlilik Temelli Eğitim ve Değerlendirme)
EASA	: European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık İdaresi)
FAR	: Federal Aviation Regulations (Federal Havacılık Yönetmelikleri)
FFS	: Full Flight Simulator (Tam Uçuş Simülatörü)
FITS	: FAA Industry Training Standards (FAA Endüstri Eğitim Standartları)
FNPT	: Flight and Navigation Procedures Trainer (Uçuş ve Seyrüsefer Prosedürleri Eğitmeni)
FSTD	: Flight Simulation Training Device (Uçuş Simülasyon Eğitim Cihazı)
GAO	: Government Accountability Office (ABD Sayıştay Denetim Ofisi)
Hz	: Hertz (Frekans)
IATA	: International Air Transport Association (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği)

ICAO	: International Air Transport Association (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği)
IFR	: Instrument Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
ÖSYM	: Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi
PCATD	: Personal Computer-Based Aviation Training Device (Kişisel Bilgisayar Tabanlı Havacılık Eğitim Cihazı)
PRISMA	: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Sistemik Derleme ve Meta-Analizler için Tercih Raporlama Öğeleri)
SAFER	: Situational Awareness For Enhanced Resilience (Dayanıklılığı Artırmak İçin Durumsal Farkındalık)
SBT	: Scenario-Based Training (Senaryo Tabanlı Eğitim)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHT-FCL	: SHGM Uçuş Ekibi Lisanslandırma Talimatı
SLT	: Structured Learning Training (Yapılandırılmış Öğrenim Eğitimi)
TER	: Training Effectiveness Ratio (Eğitim Etkinliği Oranı)
TRE	: Type Rating Examiner (Tip Yetkilendirme Sınavcısı)
UAA	: University Aviation Association (Üniversite Havacılık Birliği)
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
UND	: University of North Dakota (Kuzey Dakota Üniversitesi)
ZFT	: Zero Flight Time Training (Sıfır Uçuş Süresi Eğitimi)

1.GİRİŞ

Havacılık sektörünün mevcut yapısı itibarıyla insan faktörü merkezi bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, pilot eğitimi emniyet, etkinlik ve profesyonel standartların sürdürülebilirliği bağlamında yaşamsal bir önem taşımaktadır. Havacılık eğitimi ve emniyeti ile ilgili pek çok çalışmada, meydana gelen irili ufaklı pek çok havacılık olayının, insan hatası nedeniyle ortaya çıktığı vurgulanmıştır [1–5]. Zaman içerisinde havacılık teknolojisinde yaşanan ilerlemeler, pilot eğitiminin kapsamını ve karmaşıklığını artırarak, bu süreci hem zaman açısından daha yoğun hem de ekonomik açıdan daha yüksek maliyetli bir hale getirmiştir [3, 6–9]. Pilot eğitimine ilişkin yüksek finansal yük, adayların mesleğe yönelme eğilimlerini azaltmakta; eğitimin uzun süresi ise sektördeki pilot yetersizliğine doğrudan katkı sağlayan temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir [3, 6, 10, 11].

Pilot eğitimlerinin gerek pilot adayları gerekse eğitim kurumları açısından yüksek maliyetler gerektirdiği bilinmektedir. Üniversite dışındaki özel uçuş okullarında yıllık eğitim maliyeti ortalama 50.000 dolar civarındayken, lisans düzeyinde pilotaj eğitimi sunan kurumlarda bu maliyetin 100.000 doların üzerine çıktığı ifade edilmektedir [3]. Bu yüksek maliyetler karşısında, gelişen uçuş teknolojileri ve bunların beraberinde getirdiği ekipman giderleri doğrultusunda, en uygun adayların mümkün olan en erken aşamada belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır [4].

Bu noktada, uçuş simülatörleri önemli bir avantaj sunmaktadır. Ray L. Page [12], Richard O. Fanjoy [13] ve Balcerzak ve Kostur'un [14] çalışmalarında simülatörlerin pilot eğitiminde hem etkili hem de ekonomik bir araç olduğu vurgulanmış; pilotların, gerçek uçakta gerçekleştirmesi tehlikeli ve maliyetli olan manevraları simülatör ortamında güvenli ve tekrarlanabilir bir şekilde tatbik ederek tecrübe kazandıkları ifade edilmiştir. Balcerzak ve Kostur'un [14] çalışmasında, uçuş simülatörlerinin en düşük sadakat derecesine sahip olanlarının dahi eğitim etkinliği ve bilgi transferi açısından olumlu kat-kılar sunduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, simülatörlerin sektöre ZFT (Zero Flight Time Training- Sıfır Uçuş Süresi Eğitimi) yani sıfır uçuş süresi eğitimi metodunu kazandırdığı vurgulanarak, bu sayede pilot adaylarının gerçek uçakla hiç uçmadan temel ve tip eğitimlerini tamamlayabildikleri; sonrasında ise gözetmen kaptan pilot eşliğinde yolcu uçuşlarına başladıkları belirtilmiştir.

Aynı çalışmada, 1000 pilottan oluşan bir havayolu firması örneğinden yola çıkılarak yapılan karşılaştırmada, gerçek uçakta yapılan eğitim faaliyetlerinin yaklaşık 60

milyon dolara mal olduğu, aynı eğitimlerin simülatör ortamında gerçekleştirilmesi durumunda ise maliyetin 10 milyon doların altına düştüğü ifade edilmiştir. Yazarlar, simülatör yatırımlarının ortalama 15 yılda kendisini amorti ettiğini ve bu cihazların günlük 20 saatten fazla süreyle aktif biçimde kullanılabildiğini belirtmişlerdir.

Ayrıca simülatörlerin, Airbus ve Boeing gibi büyük uçak üreticisi firmalar tarafından tasarım süreçlerinde de kullanıldığı, bu sayede uçak geliştirme süresinin kısaldığı aktarılmıştır. Boeing verilerine göre 1960'lı yıllarda her bir milyon kalkışta 60 kaza meydana gelirken, günümüzde bu oranın 1'e düştüğü ve bu olumlu tablonun simülatör temel-li eğitimlerin yaygınlaşmasıyla ilişkili olduğu vurgulanmıştır [14].

Pilot eğitiminin maliyet, etkinlik ve emniyet bakımından çok boyutlu bir yapıya sahip olması nedeniyle, simülatör kullanımı günümüzde havacılık sektörü açısından kritik öneme sahiptir. Ancak simülasyon teknolojisinin eğitim süreçlerine entegrasyonu, köklü bir gelişim sürecinin ürünü olmakla birlikte halen bu alanda çalışmalar sürmektedir. Pilot eğitiminde teknolojik ilerlemeler ve simülatörlerin entegrasyonu, zamanla eğitimin etkinliğini ve maliyet verimliliğini artırsa da havacılık sektöründeki birçok güvenlik kuralı ve uygulama, ne yazık ki geçmişte yaşanan ciddi kazaların ardından şekillenmiştir. Bu durum, havacılıkla ilgilenen çevrelerde sıkça dile getirilen anonim bir sözle özetlenmektedir: "Havacılık tarihi kanla yazılmıştır." Bu ifade, havacılıkta edinilen birçok tecrübenin acı verici kazalardan sonra kazanıldığını; güvenlik uygulamalarının ve eğitim standartlarının çoğunlukla yaşanan trajedilerin ardından oluşturulduğunu gözler önüne sermektedir [1, 2, 15–17]. Bu bağlamda, havacılık kazalarının tarihsel gelişim üzerindeki etkisini ve bu süreçlerin eğitime yansımalarını değerlendirmek büyük önem taşımaktadır. Ayağımız yere basarken önemsiz olarak atfedebileceğimiz durumların havacılıkta büyük facialara neden olduğu bilinmektedir. Karayolunda seyrederken aracımıza bir kuşun çarpması çoğu zaman küçük hasarlarla atlatılırken aynı durum gökyüzünde meydana geldiğinde, örneğin bir turbo jetin motoruna giren kuş veya yabancı madde yüzlerce insanın hayatına ve milyonlarca dolarlık maddi kayıplara mal olabilmektedir. Havacılık sektöründe kaza oranı diğer ulaşım türlerine göre daha az olsa da meydana gelen kazalarda oluşan can kaybı diğer ulaşım türlerine göre çok daha fazla olmaktadır [18].

Allan ve Orosz [18], 1999–2000 yıllarını kapsayan çalışmalarında, kuş çarpmalarının dünya genelindeki ticari havayolu şirketlerine yaklaşık 1,2 milyar dolarlık zarara neden olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, yalnızca ABD'de 1990–2001

yılları arasında kuş çarpmalarından kaynaklanan toplam maddi kaybın 470 milyon doları bulunduğunu ifade etmiştir. Şekil 1.1’de gösterilen Eastern Air Lines Flight 375 kazasında, turboprop motorlara kuş sürüsünün girmesi sonucu uçak kontrolünü kaybederek Boston Limanı’na düşmüş ve 62 kişi hayatını kaybetmiştir [19].



Şekil 1.1. Eastern Air Lines Flight 375 kazası [19]

Meydana gelen irili ufaklı her olaydan sonra gerek havacılık otoriteleri gerekse ha-va aracı üreten kuruluşlar ya mevcut yönetmelikleri gözden geçirmekte ya da mevzuatta köklü değişiklikler yapmaktadırlar.

Yürütülen sistematik literatür taraması kapsamında en sık karşılaşılan örneklerden biri Colgan Air Flight 3407 uçuş numaralı uçağın karıştığı kazadır. Şekil 1.2’de gösterilen 12 Şubat 2009 tarihinde meydana gelmiş olan hava kazasında 50 kişi yaşamını yitirmiştir.

Olay sonrası yürütülen incelemeler, pilotların aerodinamik stall (uçuşta durma) durumuna karşı uygun tepkiyi veremediklerini ortaya koymuştur. Bu olayın ardından, başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ndeki havacılık otoriteleri olmak üzere birçok düzenleyici kurum, pilot eğitim programlarını gözden geçirme ve yeniden yapılandırma süreci-ne girmiştir [15–17].

Bu kaza havacılık tarihinde pilot eğitiminin yetersizliğini ortaya koyan örnek vakalardan yalnızca biridir. Benzer şekilde, birçok kazanın ardından yapılan analizler,

pilot eğitiminde yalnızca teknik eksikliklerin değil; aynı zamanda kişisel faktörlerin, aşırı özgüvenin ve bu özgüvenin sonucu olarak prosedürlerin ihmal edilmesinin de etkili olduğunu göstermektedir. Bu tür etmenlerin bir araya gelmesiyle, insan faktörünün havacılık kazaları üzerindeki belirleyici rolü, yürütülen literatür taramalarıyla da açık bir biçimde ortaya konulmaktadır [1, 2, 4, 15–17, 20].



Şekil 1.2. Colgan Air Flight 3407 kazası [21]

Yıllar içinde yaşanan bazı ciddi havacılık kazaları, pilotların yalnızca teknik beceri-lerinin değil, aynı zamanda operasyonel prosedürlere yönelik farkındalıklarının da geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu tür kazalar, uçuş emniyeti açısından tekrarlayan ve uygulamalı eğitimlerin önemini vurgulamakta; temel eğitimin ötesinde sürekli gelişim ihtiyacına dikkat çekmektedir [21–23].

Pilotaj eğitimine yönelik uygulamalı öğretim süreçlerinin etkinliği, yalnızca geçmişte yaşanan kazalardan çıkarılan derslerle değil, aynı zamanda bu tür durumların tekrarını önlemeye yönelik sistemli yaklaşımlarla da desteklenmektedir. Bu noktada, uçuş simülatörleri yalnızca maliyet etkinliği ya da teknik gelişmişlikleri ile değil; aynı zamanda düzenleyici kurumlar tarafından tanımlanan standartlara uygun biçimde yapılandırılmış eğitim araçları olarak da öne çıkmaktadır. Günümüzde, simülatörler farklı sınıflarda kategorize edilerek pilotların ihtiyaç duyduğu becerilerin hedefli ve kademeli biçimde kazandırılmasına olanak tanımaktadır [24].

Simülâtör eğitiminin sağladığı faydalar, somut verilerle desteklenmektedir. Simüla-tör oturumları sonrasında gerçekleştirilen gerçek uçuşların görev süresinde %17 oranında azalma, eğitmen müdahalesine duyulan ihtiyaçta belirgin bir düşüş, beklenmeyen pilot hatalarında yaklaşık %28 oranında azalma ve pilot adaylarının motivasyon ile memnuniyet düzeylerinde artış gözlemlenmiştir [7]. Bu avantajlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, simülâtör kullanımının yalnızca eğitim kalitesine değil, aynı zamanda maliyet etkinliğine de önemli katkılar sunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Teknolojik ilerlemelerle birlikte, simülâtörlerin gerçekçiliği (sadakat derecesi) günümüzde en belirleyici özelliklerden biri haline gelmiştir. Sadakat, simülâtörün gerçeğe ne kadar yakın olduğunu ifade ederken; bu oranın artması, eğitim senaryolarının gerçek uçuşa aktarılabilirliğini de artırmaktadır. Ancak simülâtörlerin pilot eğitiminin her aşama-sında kullanılması, her aşamada yüksek sadakat derecesine sahip cihazların gerekliliğini doğurmamaktadır [25].

Quast ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, sadakat derecesi düşük olan simüla-törlerin bazı eğitim aşamalarında yüksek verimlilik sağladığı belirtilmiştir. Aynı çalışma-da, Martinussen ve Hunter'dan (2017) aktarılan bilgilere göre, simülâtörlerin etkinliğini ölçmek amacıyla Eğitim Etkinlik Oranı (Training Effectiveness Ratio – TER) adı verilen bir katsayı kullanılmaktadır. 0 ile 1 arasında değişen bu değerde, 1 en yüksek etkinlik düzeyini temsil etmekte olup; TER değeri 0,5 olan bir simülâtörün dahi eğitimde kayda değer ölçüde maliyet ve zaman tasarrufu sağladığı ifade edilmiştir [25].

Bu çalışmanın temel amacı, günümüz pilot eğitiminde yaygın olarak kullanılan uçuş simülasyon teknolojilerinin özellikle uçuş simülâtörlerinin, eğitim sürecindeki işlevselliğini, pilot adaylarının kariyer gelişimi üzerindeki etkilerini ve maliyet etkinliğini kapsamlı bir biçimde değerlendirmektir. Bu doğrultuda, pilot eğitiminin ekonomik yükünü azaltırken aynı zamanda eğitim kalitesini artıran teknolojik araçlardan biri olarak konumlanan uçuş simülâtör sistemlerinin, havacılık eğitimi literatüründeki yeri derinlemesine analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında sistematik literatür taraması yöntemi benimsenmiş; farklı dönemlerde ve çeşitli coğrafi bağlamlarda gerçekleştirilmiş akademik çalışmalar incelenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan literatür taraması sonucunda, uçuş simülâtörleriyle ilgili kapsamlı analizlerin yer aldığı kaynakların oldukça sınırlı sayıda olduğu dikkat çekmiştir. Yayınlardan bazıları, Graham M. R. [6] çalışmasında olduğu gibi, yalnızca

tek bir eğitim yöntemi üzerinde durmakta ve sınırlı sayıda örneklem ile değerlendirme yapmaktadır. Diğer bazı kaynaklarda ise, simülatörlerin yalnızca pilot eğitiminin belirli bir aşamasında kullanıldığı durumlar ele alınmakta [22, 23], ya da farklı simülatör tiplerinin birbiriyle karşılaştırıldığı dar kapsamlı analizlere odaklanılmaktadır. Boztaş Ö. [27] gibi daha kapsamlı değerlendirmeler sunan çalışmalar ise oldukça sınırlı sayıdadır. Ayrıca, bu az sayıdaki kaynakların önemli bir kısmı, örneğin Ray L. Page'in[12] genel bilgiler sunsa da güncel gelişmeleri yansıtmada yetersiz kalmakta; kullanılan verilerin önemli bir bölümü tarihsel bağlamda güncelliğini yitirmiş durumdadır [27, 28].

Tüm bu bulgular, güncel veriler ışığında simülatörlerin eğitimdeki işlevselliğini, maliyet etkinliğini ve pilotların kariyer gelişimine olan katkılarını bir arada ele alan siste-matik ve çok boyutlu bir literatür analizine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, bu çalışmada simülatör teknolojisinin eğitimdeki rolü, pilotların kariyer süreçlerine etkisi ve maliyet boyutu, sistematik literatür taraması yöntemiyle bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Çalışmada, 2000–2024 yılları arasını kapsayan 24 yıllık akademik literatürü incelemektedir. Araştırmada, uçuş simülatörlerinin pilot eğitimi süreçlerindeki rolü, maliyet avantajları ve bu teknolojilerin pilotların mesleki kariyer gelişimlerine katkıları analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, sistematik literatür taramasının metodolojik bütünlüğünü ve raporlama şeffaflığını sağlamak amacıyla PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses- Sistematik Derlemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edi-len Raporlama Öğeleri) protokolü benimsenmiştir.

Akademik çalışmalarda literatür taramalarının güvenilirliğini artırmak amacıyla geliştirilen bu model, tarama sürecinin açık ve izlenebilir bir biçimde yapılandırılmasını mümkün kılar. Bu doğrultuda, araştırma sürecinin disiplinli, sistematik ve yeniden üretilebilir bir yapıya sahip olması hedeflenmiştir. Yöntemin teknik ayrıntılarına ve uygulama sürecine yöntem bölümünde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

Çalışma toplamda beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, çalışmanın kapsamını ve temel çerçevesini ortaya koyan giriş kısmını içermektedir. Bu bölümde, araştırmmanın amacı, önemi ve ortaya çıkış gerekçesi ayrıntılı olarak açıklanmış; çalışmanın odaklandığı problem durumu netleştirilmiştir. Ayrıca, kullanılan araştırma yöntemi ve kavramsal çerçeve detaylı bir biçimde tanıtılmış, çalışmanın havacılık eğitime katkı potansiyeli vurgulanmıştır.

İkinci bölüm, uçuş simülatörlerinin tarihsel gelişimi, teknolojik evrimi ve havacılık eğitimindeki konumuna odaklanmaktadır. Simülatörlerin sınıflandırılması, farklı simüla-tör türlerinin teknik özellikleri, kullanım amaçları ve uluslararası havacılık otoriteleri tarafından belirlenen standartlarla ilişkisi açıklanmıştır. Ayrıca bu bölümde, simülatör tabanlı eğitimlerin öğrenme kuramları (davranışçı, bilişsel ve yapılandırmacı yaklaşımlar) ile nasıl bağlantı kurduğu tartışılmış, simülasyonların bilişsel ve psikomotor becerilerin gelişimin-deki rolü örneklerle ortaya konulmuştur.

Üçüncü bölüm, çalışmanın yöntemsel altyapısını oluşturan sistematik literatür taraması sürecini ayrıntılı bir biçimde ele almaktadır. Bu kapsamda, literatür taramasında izlenen adımlar, veri tabanı seçimi, dâhil edilme ve hariç tutulma kriterleri, anahtar kelimeler ve arama stratejileri detaylandırılmıştır. Ayrıca seçilen kaynakların analizinde kullanılan kodlama süreci, tematik içerik analizi teknikleri ve verilerin güvenilirliğini sağlamak için uygulanan yöntemsel yaklaşımlar açıklanmıştır.

Dördüncü bölüm, analiz edilen akademik yayınlardan elde edilen bulguları kapsamaktadır. Bulgular, tematik başlıklar altında sınıflandırılarak sunulmuş; uçuş simülatörlerinin pilot eğitimi üzerindeki etkinliği, performans geliştirme kapasitesi, güvenlik farkındalığına katkısı ve maliyet/verimlilik avantajları ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, simülatörlerin pilot adaylarının kariyer gelişiminde sağladığı destek ve eğitim sürelerini optimize etme potansiyeli tartışılmıştır. Beşinci bölüm, çalışmada elde edilen bulguların yorumlandığı ve mevcut literatür ile karşılaştırıldığı tartışma kısmını oluşturmaktadır. Bu bölümde, simülatör tabanlı eğitimin pilot performansına, karar verme becerilerine, stres yönetimine ve kariyer planlamasına olan etkileri kapsamlı biçimde ele alınmış; elde edilen bulguların uygulamaya ve politika geliştirme süreçlerine katkıları üzerinde durulmuştur.

Ayrıca bu bölümde, genel sonuçların özetlendiği ve çalışmanın genel bir değerlendirilmesinin yapıldığı sonuç kısmını içermektedir. Bu bölümde, araştırmanın sınırlılıkları açıkça ifade edilmiş, elde edilen bulgular doğrultusunda havacılık eğitimi ve uçuş simülatörleri alanında yapılabilecek gelecekteki araştırmalara yönelik öneriler sunulmuştur.

2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Simülatör Teknolojisinin Tarihçesi

Havacılık öncülerinin sıçrama şeklinde gerçekleştirdikleri ilk uçuş denemeleri, zamanla bu sıçramaların mesafesinin kademeli olarak artmasıyla birlikte, havacılık endüstrisinde de paralel bir teknolojik ve yapısal ivmelenme başlatmıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak, havacılık eğitimi kavramsal bir alan olarak önem kazanmış; simülatör kullanımı ise bu alanın kritik bir unsuru hâline gelmiştir [29]. Günümüzde simülatörler havacılık eğitiminde önemli yer tutmakta olup havacılık eğitiminin bütün aşamasında yaygın şekilde kullanılmaktadırlar [14, 28, 30]. Simülatörler pilot veya pilot adaylarının gerçek uçuş şartlarında tatbik edilmesi tehlikeli ve geri dönülemez sonuçlara neden olabilecek manevraları uygulamalarını sağlayan eğitim cihazlarıdır ve ab initio eğitimlerinden tip eğitimi ve tekrarlayan eğitimlere kadar eğitimin her aşamasında kullanılmaktadırlar [25, 30]. Bu kapsamda, uçuş simülatörlerinin tarihsel gelişim sürecine kısaca değinmek; günümüzde ulaştıkları teknik düzeyi ve havacılık eğitimindeki yaygın kullanım alanlarını daha iyi kavrayabilmek açısından önem taşımaktadır.

2.1.1. Simülasyonun temeli ve havacılıktaki ilk uygulamalar

İnsanlığın uçma arzusu, kökeni mitolojik çağlara uzanan kadim bir tutkudur. Wright Kardeşler 'in uçak prototipiyle gerçekleştirdiği ilk başarılı uçuş denemeleri ise bu arzuyu somut bir düzleme taşımış; takip eden süreçte hava araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, sistemli bir havacılık eğitimi ihtiyacı ortaya çıkmıştır [12, 31]. Şekil 2.1'de 1910 yılında kullanılmaya başlanılan Sanders Teacher adlı uçuş eğitim cihazı gösterilmiştir.

Havacılık eğitiminin ilk dönemlerinde uygulamalar genellikle yerde verilen talimatlarla sınırlı kalmıştır. Ancak 1910 yılına gelindiğinde, Sanders tarafından geliştirilen ilk eğitim uçağıyla bu alanda önemli bir adım atılmıştır. Bu uçak, yapısal olarak rüzgâr yönüne göre ayarlanabilen basit bir pilot kabininden oluşmaktaydı [29].



Şekil 2.1. 1910 Yılında geliştirilmiş Sanders Teacher cihazı [12]

Rüzgârın şiddeti arttıkça, verilen eğitimin ya da pilotun deneyimlediği uçuş hissinin gerçekliğe yaklaşma düzeyi de artmaktaydı. Ancak bu durum, dış çevresel faktörlere olan yüksek bağımlılık nedeniyle eğitimin tutarlılığı ve başarısını olumsuz yönde etkileyebiliyordu [12, 29]. Tüm sınırlılıklarına rağmen, Sanders tarafından geliştirilen bu eğitim cihazı, I. Dünya Savaşı'nın sonuna dek pilot eğitimlerinde kullanılmaya devam etmiştir [27]. Aynı dönemlerde Walters ve Antoinette tarafından geliştirilen benzer nitelikteki eğitim cihazları da kullanıma sunulmuş ve 1916–1933 yılları arasında Kraliyet Hava Kuvvetleri tarafından aktif şekilde kullanılmıştır [29].

2.1.2. Link trainer ve erken mekanik simülatörler

Havacılığın gelişim sürecinin erken evrelerine denk gelen I. Dünya Savaşı döneminde, artan pilot ihtiyacı beraberinde ciddi eğitimsel zorlukları da gündeme getirmiştir. Bu dönemde uygulanan eğitim süreci genellikle yerde verilen direktiflerle başlayıp, sonrasında doğrudan gerçek uçuş ortamına geçilmesiyle sürdürülmekteydi. Winter'in (1982) aktardığına göre, bu yıllarda eğitim sırasında yaşanan kayıpların, doğrudan çatışmalarda yaşanan kayıplardan daha fazla olduğu ileri sürülmektedir [29]. Bu bağlamda, emniyetli ve kontrollü bir eğitim ortamına duyulan ihtiyaç belirginleşmiş; 1920'li yılların sonlarına doğru simülasyon teknolojilerinde yeni arayışlar başlamıştır. Bu arayışların bir sonucu olarak, 1927 yılında Edwin Link tarafından geliştirilen ve

“Link Trainer” olarak adlandırılan cihaz, modern uçuş simülatörlerinin öncüsü olarak literatürdeki yerini almıştır [32]. “Mavi Kutu” (Blue Box) olarak adlandırılan ve modern simülatörlerin ilk prototipi olarak

kabul edilen bu cihazın patenti, 1930 yılında alınmıştır. Pnömatik sistemlerle çalışan bu aygıt hem eğitim hem de eğlence amaçlı tasarlanmış; kullanıcıya doğru uçuş hissini kazandırmak amacıyla deneme-yanılma yöntemi temelinde işler hâle getirilmiştir. [12, 29].

Aynı dönemde Buckley tarafından, mevcut mekanik sistemlerin elektrikli donanımlarla çağdaştırılmasına yönelik bir simülasyon cihazı geliştirilmiştir. Ancak söz konusu cihaz, teknik yetersizlikleri ve dönemin eğitim ihtiyaçlarına yanıt verememesi nedeniyle, uçuş eğitimi amacıyla kullanıma uygun bulunmamıştır [12].

1930’lu yıllara gelindiğinde, “kör uçuş” olarak da adlandırılan enstrüman uçuş eğitimlerinin önem kazanmasıyla birlikte, Link Trainer cihazı bu alanda temel eğitim aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle uçuş okulları ve askerî kurumlar tarafından benimsenen bu cihaz, pilot adaylarının sadece kokpit göstergelerine dayanarak uçuş gerçekleştirme yetkinliklerini geliştirmek amacıyla yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır [12]. Şekil 2.2’de Link Trainer’e ait kokpit gösterilmiştir [33].



Şekil 2.2. 1930’lu yıllarda geliştirilen “Link Trainer” isimli uçuş simülatörü [33]

2.1.3. İkinci dünya savaşı ve sonrası hızlanan gelişim

İkinci Dünya Savaşı'nın 1939 yılında başlamasıyla birlikte, önceki dönemlerle kıyaslanamayacak düzeyde artan pilot ihtiyacı, eğitim teknolojilerinde hızlı bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, Link Trainer cihazı hem ABD'de hem de Birleşik Krallık'ta yaygın olarak kullanılmaya başlanmış; böylece pilot eğitimlerinin önemli bir bölümü bu simülatörler aracılığıyla karşılanabilmiştir [12].

Bu cihazlar yalnızca pilotlar için değil, aynı zamanda uçuş operasyonlarında görevli diğer personelin eğitiminde de aktif olarak kullanılmıştır [12]. Seyrüsefer sistemleri alanında da büyük gelişmeler yaşanan bu dönemde sadece uçuş personeli için değil yer personeli için de simülasyon cihazları geliştirilmiştir. Savaş yıllarında artan ihtiyaçlara paralel olarak, simülasyon teknolojilerinde çeşitlenme ve uzmanlaşma eğilimi görülmüştür. Özellikle seyrüsefer sistemlerinin gelişmesiyle birlikte, sadece uçuş ekibi için değil, yer destek personeli için de simülasyon tabanlı eğitim araçları tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, İngiltere'deki Telekomünikasyon Araştırma Kuruluşu (TRE -Telecommunication Research Establishment) tarafından sentetik radar simülatörleri geliştirilmiştir [14].

Aynı dönemde, havacılıkta kullanılan uçaklar; elektrik-elektronik, hidrolik ve aerodinamik tasarım alanlarında kaydedilen gelişmeler sayesinde daha karmaşık kok-pit sistemlerine sahip hâle gelmiştir. Bu teknolojik ilerlemeler, özellikle acil durumlara yönelik senaryo temelli eğitimlerin gerekliliğini artırmış ve sistematik bir kokpit eğitimi ihtiyacını doğurmuştur [12, 29, 34].

Bunlara ek olarak, Kraliyet Hava Kuvvetleri tarafından geliştirilen “Silloth Trainer” adlı eğitim cihazı, bombardıman uçağı personelinin eğitimine yönelik olarak bu ihtiyaçlara yanıt vermek amacıyla tasarlanmıştır [29].

Günümüz standartlarıyla karşılaştırıldığında oldukça ilkel kabul edilen bu simülatörler, o dönem havayollarında ise ağırlıklı olarak prosedür eğitimlerinde kullanılmaktaydı [14].

İkinci Dünya Savaşı sonrasında yaşanan teknolojik sıçramalarla birlikte, havayolu endüstrisi ekonomik, hızlı ve güvenli bir ulaşım alternatifi olarak benimsenmeye başlamıştır [35]. 1950'li yılların sonlarına gelindiğinde, uçuş simülatörlerine görsel ve hareket sistemlerinin entegre edilmeye başlandığı görülmektedir [14]. Havacılığın ivme kazandığı bu dönemde, art arda yaşanan iki büyük savaş, özellikle askerî havacılık alanında önemli teknolojik atılımların gerçekleşmesine zemin hazırlamıştır.

Savaş sonrası dönemde ise bu birikim, sivil havacılık teknolojilerinin gelişimine doğrudan katkı sağlamış ve simülatörlerin kapsamlı biçimde kullanılmasının önünü açmıştır. Tüm bu gelişmelerin bir araya gelmesiyle birlikte, analog bilgisayar teknolojisinin havacılık alanında kullanılmaya başlanması mümkün hâle gelmiştir. Analog bilgisayarların ortaya çıkışı, uçak tasarımcılarına daha gelişmiş kontrol sistemleri inşa etme olanağı sunmuş; bu sistemler hem uçuş dinamiğini modellemek hem de daha karmaşık simülasyon süreçlerini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmıştır [29].

Fakat zamanla analog bilgisayarların ve bu bilgisayarların kullanıldığı simülatörlerin sadakati tatmin edici olmamaya başlamıştır [12]. Koblen ve Kováčová [32] simülatör teknolojisinin gelişimini üç ana döneme ayırmaktadır. İlk dönem olan 1945–1965 yılları arasında, analog bilgisayarların geliştirildiği ve bu bilgisayarlar aracılığıyla çeşitli hesaplamaların yapıldığı bir süreç yaşanmıştır. İkinci dönem ise 1965–1985 yıllarını kapsamaktadır; bu süreçte analog sistemlerin yerini giderek dijital teknolojiler almaya başlamış ve simülasyon sistemleri daha hassas hâle gelmiştir. Üçüncü dönem ise 1985 yılından günümüze kadar olan süreci kapsamakta olup, mikroelektronik teknolojilerinin gelişimiyle birlikte simülatörlerde daha entegre, hızlı ve yüksek kapasiteli sistemlerin kullanılmasına olanak tanımıştır [32].

2.1.4. Sayısal simülasyona geçiş

1950’li yılların ortalarına kadar olan dönemde, simülatörlerde hareketli platform sistemlerinin bulunmaması nedeniyle eğitim uygulamaları önemli bir araç olarak kabul edilse de uçuş koşullarını tam anlamıyla yansıtmakta yetersiz kaldığı belirtilmiştir [12]. Hareket mekanizmasının gelişimi görsel sistem teknolojisinin gelişim hızına göre daha yavaştı. İlk geliştirilen hareketli simülatörler iki veya üç serbestlik dereceli simülatörler olup bu simülatörler sadece basit hareketleri simüle edebiliyordu [29].

1970’li yıllarla birlikte dijital temelli bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler, simülatör sistemlerinde genel amaçlı bilgisayarların daha etkin biçimde kullanılmasına olanak tanımıştır. Dijital bilgisayarlar teknolojik bir atılım olsa da ilk nesil dijital bilgisayarlı simülatörler hız ve maliyet gereksinimlerini tam olarak karşılayamıyordu [12].

1960’lı yılların ortalarında geliştirilen transistörler sayesinde bilgisayarlar kompakt yapıya bürünmüş buna paralel olarak işlemci hızlarının da artmasıyla birlikte daha hassas bilgisayar destekli komutlar sağlanabiliyordu. İlk etapta 15 Hz civarında

olan işlemci hızları 1970’li yılların sonlarına doğru 60 Hz civarına yükseltilmişti [29]. Bu teknolojik dönüşüm sonucunda, görsel gerçeklik düzeyi yüksek, daha gelişmiş simülatörlerin tasarımı mümkün hale gelmiştir [12, 34]. Böylece uçuş simülatörleri giderek havacılık eğitimi alanında kritik bir yer edinmeye başlamıştır.

2.1.5. Mikroelektronik çağ ve entegre sistemlere geçiş

1980’li yıllar bilgisayar teknolojisi için yeni bir çağın başlangıcıydı. Bu dönemde mikro elektronik sistemlerin gelişmesi ile hem daha küçük hem de daha hızlı işlemciler elde etmek mümkün oldu. Hareket denklemleri bu şekildeki tek bir işlem-cide 60 Hz’lik bir hızda çözümlenebilir hale geldi [29]. Sürekli ivmelenme gösteren mikroelektronik teknoloji zaman ilerledikçe çok daha hızlı işlemcileri ortaya çıkardı ve bu sayede hem görüntü kalitesi çok daha iyi hale geldi hem de aerodinamik denklemler hassas bir şekilde hesaplanabildi [12, 29].

1990’lı yıllarda ise 1960 yıllardan beri geliştirilmeye çalışılan hidrolik destekli hareket platformları, 500 Hz’in üzerine çıkan mikro işlemcilerin kontrol ettiği ak-tüatörler sayesinde daha gerçekçi hareket sağlayabilecek kapasiteye ulaşılar [29].

Günümüze gelindiğinde ise simülatör alanındaki gelişmeler devam etmekte ve gerek görsel açıdan gerekse hareket açısından gerçekçiliğe yaklaşıldığı ölçüde simülatörler uçuş eğitiminde yerini sağlamlaştırmaktadır [36]. Bütün bunlara paralel olarak havacılık otoriteleri de simülatörlerin kullanım alanlarıyla ilgili standartlar belirleyerek simülatör eğitiminde ortak dil geliştirmektedirler [12]. Bu gelişmelerin ışığında bugün itibari ile simülatörler sadece zaman ve maliyet tasarrufu sağlamakla kalmayıp aynı zamanda eğitim uçuşları sırasında meydana gelebilecek kaza ve can kayıplarının da önüne geçmektedir [12, 37]. Ancak simülatör eğitiminin literatürde yer edinmiş faydalarına karşın günümüzde halen bu eğitim metodunun bir bütün olarak uçuş eğitimine entegrasyonu konusunda standartlar oluşturulamamış ve bu konuda araştırmalar ve tartışmalar devam etmektedir [27, 37–39].

2.2. Uçuş Simülatörlerinin Pilot Eğitimindeki Yeri

Havacılık endüstrisinin gelişmeye başlamasıyla hem askeri hem de sivil alanda yetkin havacılara duyulan ihtiyaç artmış, bu durum havacılık eğitimi üzerine yapılan akademik ve uygulamalı çalışmaları da beraberinde getirmiştir. Wright Kardeşler’in 1903 yılındaki ilk motorlu uçuş denemelerinin üzerinden çok geçmeden, uçak

kullanımına yönelik, bugünden bakıldığında ilkel ancak pilot eğitimi açısından dönüm noktası sayılabilecek uçuş simülatörleri geliştirilmeye başlanmıştır [29].

İlerleyen yıllarda teknolojik gelişmelere bağlı olarak daha karmaşık hale gelen hava araçları, eğitim gereksinimini de daha yakıcı biçimde ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, bu gelişmeleri takip edebilecek nitelikteki eğitim programlarının oluşturulması ve söz konusu programların modern sistemlerle entegrasyonu günümüzde halen önemli bir araştırma ve uygulama alanı olarak varlığını sürdürmektedir [31, 37, 38, 40].

Bu gelişimin bir sonucu olarak uçuş simülatörleri günümüzde pilot eğitiminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiş olup sadece pilotların uçuş eğitiminin bir kısmında değil, beceri geliştirme, acil durum prosedürleri ve yönetimi, mürettebat kaynak yönetimi gibi havacılık eğitiminin tüm alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır [22, 31, 41].

2.2.1. Uçuş simülatörlerinin pilot eğitimindeki işlevi

2009 yılında Colgan Air'e ait 3407 sefer sayılı uçağın karıştığı kazanın ardından, Amerikan havacılık otoriteleri eğitim standartlarını önemli ölçüde sıkılaştırmıştır [17]. Havacılık kariyeri süresince pilotlar, görevlerinde ilerleyebilmek ve gerekli sertifikaları alabilmek için eğitim sürecinde ya da yardımcı pilot pozisyonunda yeterli uçuş saati biriktirmek zorundadır [17].

Marvin A.[17] çalışmasında aktardığına göre, Colgan Air kazası sonrası gerçekleş-tirilen düzenlemeler neticesinde Havayolu Taşımacılığı Pilotu Lisansı (Air-line Transport Pilot Licence - ATPL) sertifikası alınabilmesi için gerekli olan uçuş saati 250 saatten kademeli olarak 1500 saate yükseltilmiştir. Bu değişikliğin, bu lisansı almak isteyen pilotlarda motivasyon düşüklüğü, eğitim süresinin uzaması ve eğitimi bırakma gibi olumsuz sonuçlar doğurduğu ifade edilmiştir [6, 17].

Doolittle A.[15] çalışmasında, Havayolu Nakliye Pilotu (Airline Transport Pilot – ATP) sertifikası almak isteyen pilotların 1500 saat uçuş süresi kaydetmelerinin yanında, bu sürenin 500 saatini ülke içinde, 100 saatini gece uçuşlarında ve 75 saatini ise enstrü-man uçuşlarında tamamlamaları gerektiğini belirtmiştir. Catton C. [42] ise Federal Havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration – FAA)'nın sunduğu FAR (Federal Avia-tion Regulations – Federal Havacılık Yönetmelikleri) kapsamındaki yeterliliklere sahip olursa dahi, pilotların belirli aralıklarla tekrarlayan eğitim alarak yeterliliklerini güncellemeleri gerektiğini vurgulamaktadır.

Uçuş saatinin artırılması hem havacılık kuruluşlarının hem de pilot adaylarının üzerindeki mali yükü ciddi şekilde artırmaktadır. Valenta V. [43] çalışmasında, pilotların 2007-2017 yılları arasında başlangıçtan itibaren ATPL seviyesine kadar geçen süreçte eğitim maliyetlerini vermiştir. Buna göre; Çek Cumhuriyeti'nde 2007 yılında ortalama eğitim maliyetinin 37.000 Euro civarında olduğu, 2017 yılında ise bu maliyetin 57.000 Euro'nun üzerine çıktığı belirtilmiştir [43].

Zhu S. ve Chen J. [10] çalışmalarında, Çin ve yurt dışı eğitim maliyetlerini karşılaştırarak Çin'de verilen havacılık eğitiminin ortalama 1.000.000 yuan, yurt dışı eğitimlerinin ise yaklaşık 650.000 yuan seviyesinde olduğunu aktarmıştır.

Corman R.[44] çalışmasında, ABD özelinde profesyonel pilot olmak amacıyla enstrüman derecesi ve çok motorlu uçak yetki belgesi almak isteyen bir öğrencinin en az 40.000 dolar maliyetle karşı karşıya kaldığını ifade etmiştir. Aynı çalışmada, GAO (U.S. Government Accountability Office – Amerika Birleşik Devletleri Hükümet Sorumluluk Ofisi)'nin ABD Kongresi'ne sunduğu raporda uçuş eğitiminin 50.000 dolardan fazla bir mali yük oluşturduğuna yer verilmiştir.

McLean ve arkadaşları [45] tarafından yapılan çalışmada ise, eğitmen eşliğinde ve eğitmensiz olarak gerçek uçakta verilen uçuş eğitiminin maliyetleri incelenmiştir. Çalışmaya göre, eğitmenle birlikte verilen bir saatlik uçuş eğitimi 357 Avustralya doları iken, eğitmensiz yapılan uçuş eğitiminin saatlik maliyeti 252 Avustralya dolarıdır.

Ayrıca Lazic ve ark.[46] çalışmasında maliyet kalemlerinden biri olan uçak bakım masrafları ile ilgili; Boeing 737-700 tipi bir uçağın aylık bakım maliyetinin 270.000 dolar, yıllık bakımının ise 3.000.000 dolar civarında olduğu belirtilmiştir.

Pilot sertifikası standartlarına getirilen ek koşullar ve beraberinde ortaya çıkan zaman faktörü, yalnızca eğitim maliyetlerini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda küresel ölçekte hissedilen pilot açığını da derinleştirmektedir [17, 47].

Doolittle A. [15] , UND (University of North Dakota – Kuzey Dakota Üniversitesi) verilerine dayanarak, 2011–2031 yılları arasında 66.000 pilota ihtiyaç duyulacağını belirtmiştir. Gorowsky H.[47], 2019 yılında yaptığı çalışmada ise, Boeing firmasının öngörülerine dayanarak, önümüzdeki 20 yıl içerisinde yalnızca Kuzey Amerika kıtasında

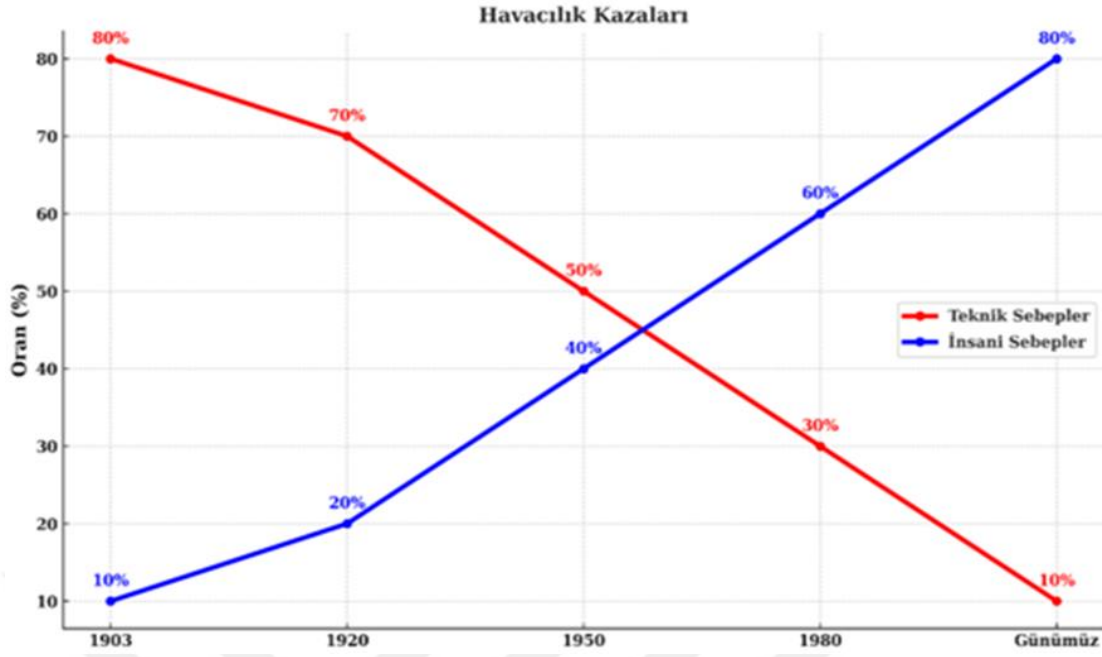
117.000 ticari pilota ihtiyaç olacağını ifade etmiştir. Benzer biçimde Marvin A.[17], yine Boeing verilerinden hareketle, 2034 yılına kadar yalnızca ABD'de 95.000 pilot gereksinimi doğacağını aktarmıştır. Diğer taraftan Keller J. ve arkadaşlarının[48]

çalışmasında Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization – ICAO) verilerine dayanarak küresel ölçekteki pilot açığına dikkat çekilmiştir. Bu çalışmada, 2036 yılına kadar dünya genelinde 620.000 pilot, 125.000 hava trafik kontrolörü ve 1.300.000 bakım personeline ihtiyaç duyulacağı ifade edilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada Boeing'in tahminlerine de yer verilmiş; bu doğrultuda, 2037 yılına kadar küresel ölçekte 790.000 pilot, 890.000 kabin ekibi ve 754.000 teknisyene gereksinim olacağı belirtilmiştir.

2.2.2. Simülasyonların uçuş emniyetine katkısı

Havacılık sektörünün gelişmeye başladığı ilk yıllardan itibaren, başta pilotlar olmak üzere uçuş operasyonlarını yürütecek personelin eğitimi konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır [12, 31]. Bu süreçte, hava araçları—özellikle de uçaklar—hızla değişim ve gelişim göstermiştir. Günümüzde kullanılan uçaklar, son derece gelişmiş teknolojik donanımlara sahip olup pilotların uçuş operasyonları sırasındaki görev yüklerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak bu teknolojik ilerlemeler, pilot adaylarının eğitim sürecini de daha karmaşık hâle getirmiştir. Bu nedenle, pilot eğitiminin daha sistemli, düşük maliyetli ve yüksek düzeyde emniyet sağlayacak biçimde planlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır [39].

Verheijen [5] 2002 yılında yaptığı çalışmada uçak kazalarının %80'inin insan hatalarından, %20'sinin ise teknik arızalardan kaynaklandığını belirtmiştir. Yazgan ve ark.[1], hem kendi verilerini hem de Boeing firmasına ait verileri sunarak, havacılık kazalarında insan faktörünün büyük bir paya sahip olduğunu ve kazaların %60 ila %80'inin insan kaynaklı hatalardan meydana geldiğini ifade etmiştir. Aynı çalışmada, Boeing verilerine göre bu oranın %55 civarında olduğu aktarılmıştır. Şekil 2.3'te 1903 yılından 2018 yılına kadar meydana gelen uçak kazalarının grafiği verilmiştir.



Şekil 2.3. Havacılık kazalarında insan ve teknik arıza oranlarının zaman içindeki değişimi (1903-2018) [50]

Gleb ve ark.[2] ise Nall Raporu'ndan (Joseph T. Nall Raporu – ABD'de Uçak Sahipleri ve Pilotlar Birliği [Aircraft Owners and Pilots Association - AOPA] Havacılık Emniyeti Enstitüsü [Air Safety Institute - ASI] tarafından her yıl yayımlanan ve genel havacılık kazalarını istatistiksel olarak analiz eden kapsamlı bir güvenlik raporu; adını, 1989 yılında meydana gelen bir uçak kazasında hayatını kaybeden AOPA güvenlik uzmanı Joseph T. Nall'dan alır) aktardıkları 2010 yılı verilerine dayanarak, o yıl meydana gelen 857 kazanın yaklaşık %74'ünün pilot hatalarından, %15'inin teknik arızalardan, geri kalanının ise bilinmeyen nedenlerden kaynaklandığını bildirmiştir.

Gleb ve ark. Çalışması ile aynı yıl yapılan Şimşek[4]'in çalışmasında ise 1990-2010 yılları arasını kapsayan 20 yıllık süreç ile ilgili istatistikler verilmiştir. Buna göre; belirtilen 20 yıllık zaman aralığında meydana gelen 18.179 uçak kazasının %67,5'inin insan kaynaklı hatalardan meydana geldiğini ifade ederek, bu veriler ışığında insan faktörünün önemle ele alınması gerektiğini vurgulanmıştır. Benzer şekilde Socha ve ark.[51] insan hatasına bağlı uçak kazalarının toplam kazalar içindeki oranını %70 ile %85 arasında bildirmiştir.

Yukarıdaki veriler ışığında teknolojik gelişmelere paralel olarak teknik arıza kaynaklı uçak kazalarının azalmalarına karşılık, insan kaynaklı kazaların aynı şekilde azalma eğilimi göstermediği görülmüştür. Bu kapsamda literatür taraması neticesinde

birçok çalışmada uçuş simülatörlerinin uçuş eğitiminin farklı kısımlarındaki olumlu etkileri incelenmiştir.

Possebon ve ark.[7], başlangıç (ab-initio) pilot eğitimi ile senaryo tabanlı eğitimin entegrasyonunu ele alarak bu yaklaşımın etkinliğini incelemişlerdir. Yazarlar, senaryo tabanlı simülatör eğitiminin, öğrencilerin edindikleri bilişsel bilgi ve davranışsal yetkinlikleri gerçek uçuş ortamına yüksek oranda aktarabilmelerini sağladığını; bunun yanında, uçuş simülatörlerinin yalnızca yüksek düzeyde gerçek uçuşa aktarılabilir kazanımlar sunmakla kalmayıp, aynı zamanda eğitim sürecinde önemli maliyet avantajları sağladığını vurgulamışlardır. Nitekim, simülatörlerin eğitim sürecine entegrasyonu sayesinde, öğrencilerin gerçek uçuş eğitimlerini yaklaşık %22 daha kısa sürede tamamlayabildikleri belirtilmiştir. Aynı çalışmada, senaryo tabanlı simülatör eğitiminin durumsal farkındalık, stres yönetimi ve karar verme gibi pilotluk mesleği açısından kritik öneme sahip davranışsal yetkinlikleri geliştirdiği ifade edilmiştir.

Benzer şekilde Gleb ve ark [2], mevcut eğitim yöntemlerinin karar verme ve karmaşık durumlarla başa çıkma becerileri açısından yetersiz kaldığını; senaryo tabanlı eğitimin ise bu tür durumlarla başa çıkma yetkinliğini önemli ölçüde geliştirdiğini ortaya koymuştur.

Bürki-Cohen ve ark.[22]'da Uçuş Simülasyon Eğitim Cihazı (Flight Simulation Training Device – FSTD)'nın yalnızca teknik uçuş becerileri kazandırmakla kalmayıp, durumsal farkındalık gibi kritik yetkinliklerin geliştirilmesinde de etkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, kısıtlı bütçeye sahip havayolu şirketlerinin verimli ve güvenli bir eğitim ortamı sağlayabilmeleri açısından da bu cihazların önemine dikkat çekmişlerdir.

Dinçer N.[31] çalışmasında uçuş simülatörlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapılarak, pilotların simülatörler aracılığıyla eğitim senaryolarını güvenli bir ortamda uygulayabildiklerini ve bu sayede acil durumlara yönelik pratik kazandıklarını belirtmiştir. Ayrıca, günümüzde kullanılmaya başlanan sanal gerçeklik teknolojisinin, pilotların durumsal ve mekânsal farkındalık yeteneklerini artırma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamıştır. Bununla birlikte, bilgisayar temelli eğitim (CBT- Computer-Based Training) yönteminin mali açıdan uygun bir seçenek sunduğunu ve eğitim sürecinin bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanabilmesine imkân tanıdığını ifade etmiştir. Aynı çalışmada, FAA verilerinden hareketle, CBT ile verilen eğitimin pilot hatalarının %87 oranında önlenmesine katkı sağlayabileceği belirtilmiştir.

Verheijen [5], simülatör kullanımının başlangıç seviyesindeki pilotların eğitimini hem maliyet açısından daha verimli hâle getirdiğini hem de gerçek uçuş koşullarında uygulanması güç olan senaryoların güvenli biçimde gerçekleştirilebilmesine imkân tanıdığını belirtmiştir.

Boztaş [27], günümüzde simülatör kullanımının artan yaygınlığına dikkat çekerek, COPA Airlines'ın Ascent FFS X isimli simülatörüyle tekrarlayan eğitimlerin tamamını (%100) ve geçiş eğitimlerinin ise %80'ini simülatör ortamında gerçekleştirmeyi planladığını; bu sayede eğitim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmeyi hedeflediğini aktarmıştır. Ayrıca, FSTD'lerin eğitim sürecine entegrasyonunun uçuş ekibinin davranışlarının standartlaştırılmasına ve bu standartların gerçek uçuş operasyonlarına etkin biçimde aktarılmasına katkı sağladığını vurgulamıştır.

Taylor ve ark. [52], çalışmalarında PCATD ve Uçuş Eğitim Aracı – (Flight Training Device – FTD) tipi simülatörlerin etkinliğini incelemiş ve her iki cihazın da uçakta geçirilen süreyi anlamlı ölçüde azalttığını rapor etmişlerdir. FTD'ye ilişkin veriler, bu cihazlarla gerçekleştirilen kros eğitiminin birebir gerçek uçuş saatini karşılamadığını; ancak yaklaşık %50 oranında gerçek uçuş süresinden tasarruf sağladığını göstermektedir.

Balcerzak ve Kostur [14], önceki bulguları destekleyerek simülatörlerin havacılık eğitimindeki önemine dikkat çekmiş; pilotlara, gerçek ortamda yüksek risk taşıyan uygulamaları güvenli ve kontrollü koşullarda deneyimleme olanağı sunduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, simülatörlerin yalnızca eğitim amacıyla değil, uçak üreticileri tarafından tasarım ve test süreçlerinde de aktif olarak kullanıldığına değinmişlerdir. Bu sayede, tasarım aşamasında ortaya çıkabilecek kritik hataların önüne geçilerek milyonlarca dolarlık maliyetin önlendiği ifade edilmiştir.

2.2.3. Simülatörlerin maliyet avantajları

Havacılık eğitimi kullanılan hava araçlarının yüksek satın alma fiyatı, işletme maliyetleri, yakıt giderleri, bakım onarım süreçleri ve sigorta gibi birçok gider kalemi nedeniyle en pahalı eğitim türlerinin başında gelmektedir [7, 53]. Ayrıca pilot veya pilot adaylarının eğitim neticesinde başarısızlık göstermesi de eğitim maliyetini artırmakta ve pilot açığını ciddi oranda beslemektedir [54].

Bu yüksek girdi kalemleri nedeniyle pilot eğitimi veren birçok yükseköğretim kurumunda gerçek uçuş eğitimleri yapılamamaktadır [55]. Uçuş simülatörleri gelişmiş

uçakların teknik boyutunun getirdiği karmaşıklığı pilotlara risk olmaksızın ğretebilirken aynı zamanda eğitimin mali boyutunu da iyileştirmektedir [56].

Uçuş simülatörlerinin maliyet bakımından avantajlarına literatürdeki birçok çalışmada rastlanılmaktadır. Biertümpfel ve ark.[55], çalışmasında uçuş simülatörlerinin maliyet açısından avantajlarının yanı sıra, bakım ve kullanım kolaylığı gibi avantajlarının da olduğu ifade edilmiştir.

Orlady L.[20], çalışmasında uçuş eğitiminin maliyetine değinerek, bazı durumlarda pilotların uçuş kariyerlerine 100.000 dolar civarında bir borçla başladıklarını, FAA'nın uçuş simülatörlerinin yaygın kullanımını teşvik etmesinin pilot eğitimi üzerindeki mali yükü hafiflettiğini belirtmişlerdir.

Possebon ve ark.[7], çalışmasında ab initio pilot eğitiminde senaryo tabanlı simülatör eğitiminin etkinliğine değinerek; simülatör kullanımının gerçek uçuş süresini azalttığını, böylece eğitim maliyetinden %20 ila %25 arasında tasarruf sağladığını vurgulamıştır. Benzer bir sonuç Kozuba ve Bondaruk [41], çalışmasında ortaya konulmuş olup, uçuş simülatörlerinin kullanıldığı IFR (Instrument Flight Rules- Aletli Uçuş Kuralları) eğitiminde simülatör kullanımının maliyet açısından %50 daha avantajlı olduğu ifade edilmiştir.

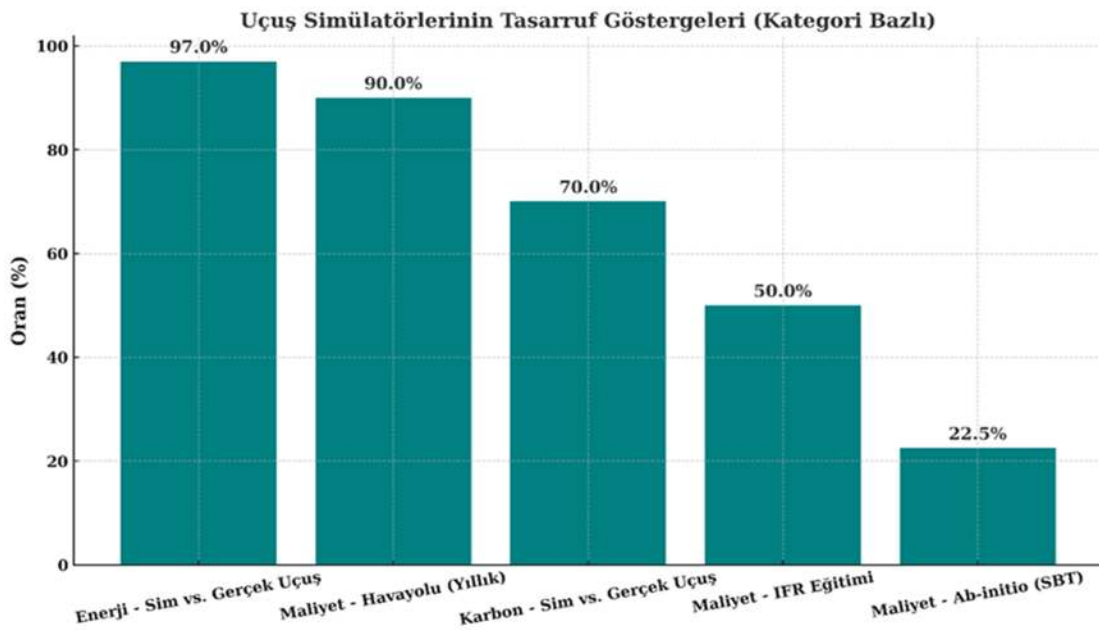
Oolbekkink [57], çalışmasında uçuş simülasyon teknolojileri ile ilgili olarak, bu teknolojiyle entegre biçimde yapılandırılmış bir eğitim metodunun sadece riskli uçuş manevralarının tatbikinde değil diğer uçuş eğitimi aşamalarında da kullanıldığını bu sayede sadece emniyet bakımından değil mali bakımdan da avantajlar sağladığını vurgulamıştır.

Uçuş simülatörlerinin havacılık otoritelerince de kabul edilen etkinliği nedeniyle başta ABD olmak üzere birçok ülke uçuş simülatörlerinin daha yoğun kullanıldığı eğitim programları benimsemeye başlamıştır [27]. Öyle ki, simülatör sınıflarının çeşitli eğitim kademelerinde etkili kullanılması neticesine ZFT (Zero Flight Time- Sıfır Uçuş Süresi) eğitim metoduyla pilotların gerçek uçakla uçmadan eğitimlerini tamamlayabildikleri ifade edilmiş ve bu sayede eğitim sırasında kullanılacak olan uçakların gelir getiren diğer alanlarda kullanılabildiği belirtilmiştir [14].

Golębiewski ve ark.[58], çalışmasında uçuş simülatörlerinin pilot eğitiminde kullanılmasının mali avantajlarının yanı sıra çevresel etkisi bakımından da etkili bir seçenek olduğu ifade edilmiş ve simülatör kullanımı ile gerçek uçuş eğitimleri kıyaslanarak simülatörlerin gerçek uçuşa göre %97 enerji tasarrufu sağladığı belir-

tilmiştir. Uçuş simülatörlerinin çevresel etkisi ile ilgili Maciejewska ve ark.[59], yapmış oldukları çalışmada uçuş simülatörlerinin etkin kullanılabilmesi sayesinde hem eğitim maliyetlerinin düştüğünü hem de gerçek uçakla yapılan eğitimlerde açığa çıkan karbon salınımını %70 oranında azaltabileceğini vurgulamışlardır.

Balcerzak ve Kostur [14], çalışmalarında 1000 pilota sahip bir havayolu şirketinin yıllık eğitim maliyetinin 60.000.000 dolar civarında olduğunu belirterek, simülatör kullanımı sayesinde bu maliyetin onda bir seviyesinin altına düştüğünü belirtmiştir. Aynı çalışmada simülatör yatırımlarına da değinilmiş olup, simülatörle-rinin günlük 20 saatin üzerinde kullanılabilme kapasitesi sayesinde yatırım maliyetle-rini 15 yılda amorti edebileceği ifade edilmiştir. Şekil 2.4'te görüldüğü üzere uçuş simülatörlerinin tasarruf göstergeleri sunulmuştur.



Şekil 2.4. Ab-initio (SBT) $\approx$ %20–25 [7]; IFR $\approx$ %50 [41]; havayolu yıllık $\approx$ %90 [14]; enerji $\approx$ %97 [57]; karbon $\approx$ %70 [58].

Literatürde, farklı türdeki uçuş simülatörlerinin çeşitli eğitim aşamalarındaki etkinliği incelenmiş olsa da bu çalışmaların ortak noktası; simülatörlerin uçuş eğitimine entegrasyonunun yalnızca eğitim sırasında karşılaşılabilecek riskleri azaltmakla kalmayıp, eğitim maliyetlerini de önemli ölçüde düşürdüğünü göstermesidir. Teknolojik yeniliklerle birlikte simülatör kullanımının, uçuş eğitiminin niteliğini koruyarak gerçek

uçuş süresini azaltması; başta maliyet avantajı olmak üzere çevresel faydalar sağlamaktadır.

Gerçek uçuş sürelerindeki azalma, maliyet yükünü hafifletirken pilotların daha kısa sürede mesleki kariyerlerine başlamasına olanak tanımakta ve böylece küresel ölçekte hissedilen pilot açığının etkilerini azaltmaktadır. Sonraki bölümde, uçuş simülatör sınıfları ve kullanım amaçları ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2.3. Simülatör Tipleri ve Kullanım Amaçları

Teknolojik gelişmelere paralel olarak modern uçaklar ve bunlara entegre edilen uçuş sistemleri, günümüzde ileri düzey dijital ve elektronik teknolojilerle donatılmıştır [8, 9, 37]. Bu ilerleme, hava araçlarını yalnızca daha işlevsel değil, aynı zamanda çok daha karmaşık yapılar hâline getirmiştir. Öyle ki, 1950’li yıllarda beş kişilik bir ekip tara-fından yürütülen kokpit operasyonları, günümüzde yalnızca bir kaptan pilot ve bir yardımcı pilot tarafından gerçekleştirilmektedir [35].

Bu dönüşüm, pilot eğitiminde de önemli değişiklikleri beraberinde getirmiş ve eğitim sürecinin çeşitli aşamalarında farklı düzeylerde uçuş simülatörlerinin kullanımını zorunlu kılmıştır.

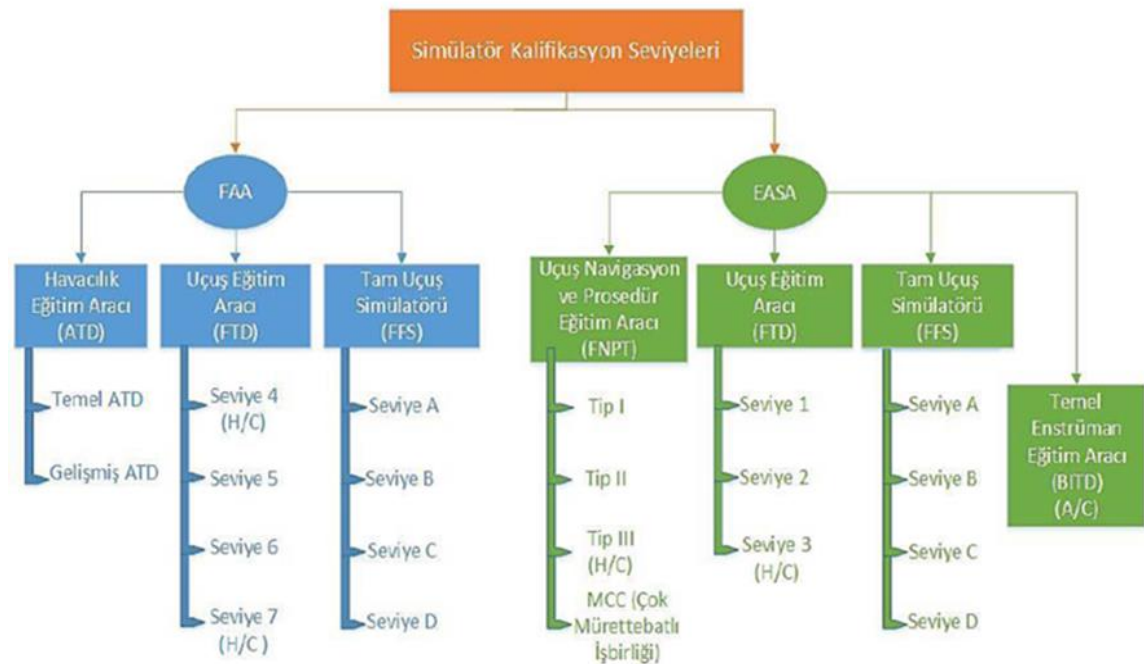
Uçuş simülatörleri, tarihsel gelişim süreciyle birlikte günümüzde pilot eğitiminin farklı aşamalarında kullanılmak üzere çeşitli varyasyonlarla tasarlanmakta ve geliştirilmektedir. Bu simülatörler, teknik donanımları ve kullanım amaçlarına göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. Günümüzde simülatör türlerinin pilot eğitiminde hangi aşamalarda kullanılacağı ve bu cihazlarda bulunması gereken teknik özellikler, ICAO (International Civil Aviation Organization – Uluslararası Sivil Havacılık Örgü-tü), Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı (European Union Aviation Safety Agency - EASA) ve FAA gibi uluslararası havacılık otoriteleri tarafından belirlenen standartlar doğrultusunda yapılandırılmaktadır [25, 28, 60].

Uçuş eğitiminin güvenlik açısından taşıdığı kritik önem nedeniyle ICAO, FAA ve EASA gibi otoriteler; simülatör destekli eğitimlerde kullanılacak FSTD için ayrıntılı standartlar ve teknik sertifikasyon kriterleri tanımlamıştır [27].

FAA standartlarına göre uçuş simülatörleri üç ana kategoriye ayrılmaktadır: FFS, FTD ve Havacılık Eğitim Aracı (Aviation Training Device - ATD) [61]. EASA tarafından belirlenen standartlara göre ise uçuş simülatörleri, FFS, FTD, Uçuş ve Sey-rüsefer Prosedürleri Eğiticisi (Flight and Navigation Procedures Trainer - FNPT) ve Temel

Aletli Uçuş Eğitim Cihazı (Basic Instrument Training Device - BITD) olmak üzere dört ana kategoride sınıflandırılmaktadır [62]. Bu sınıflandırmalar, simülator-lerin eğitimin hangi aşamalarında kullanılabileceğini ve hangi operasyonel yetkinliklerin kazandırılmasını hedeflediğini göstermektedir.

Tüm bu simülator türlerini kapsayan genel adlandırma olarak FSTD terimi kullanılmaktadır. EASA ve FAA tarafından tanımlanan bu sınıflandırmalar, farklı simülator-lerin teknik kapsamlarını ve eğitim uygulama alanlarını ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. İlgili alt sınıflar Şekil 2.5'te verilmiştir [28]. Bununla birlikte, FAA ve EASA standartlarında benzer isimlerle anılan simülator türleri bulunsa da, bu türlerin kapsamı ve uygulama alanları arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle, FAA ve EASA standartları aşağıda ayrı başlıklar altında ele alınacaktır.



Şekil 2.5. FAA ve EASA Kriterlerine göre simülasyon sınıflandırmaları [28]

2.3.1. FAA Simülator sınıflandırması

Günümüzde uçak sistemlerinin son teknoloji ile donatılması hem uçuş eğitiminin niteliğini değiştirmiş hem de bu alanda kullanılan cihazların çeşitliliğini artırmıştır. Bu kapsamda FAA ve EASA gibi havacılık otoriteleri uçuş simülatorlerinin ve buna bağlı olarak uçuş simülatorlerinin standardizasyonu amacıyla çeşitli düzenlemeler yapmıştır.

FAA'nın yapmış olduğu çalışma ve koyduğu standartlar çerçevesinde uçuş simülatörleri FFS, FTD ve ATD olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmıştır [46, 61]. Aşağıda bu üç kategori ile ilgili detaylı tanımlamalar yapılmıştır.

2.3.1.1. Full flight simulator (FFS)

Full Flight Simulator (FFS), FAA standartlarına göre uçuş eğitiminde kullanılan en gelişmiş ve en yüksek maliyetli simülatör tipidir [46, 61]. Bu cihazlar, belirli bir uçak tipinin kokpitinin birebir fiziksel ve işlevsel kopyasını temsil edecek şekilde tasarlanmıştır [25, 28, 60]. Tam hareket sistemine ve yüksek çözünürlüklü görsel donanımına sahip olmaları sayesinde, pilotlara gerçek uçuş koşullarını birebir deneyimleme imkânı sunar [28, 63]. Şekil 2.6'da, Türk Hava Yolları ve HAVELSAN iş birliğiyle kullanılan FFS cihazları örnek olarak gösterilmektedir [64].



Şekil 2.6. HAVELSAN tarafından geliştirilen ve THY tarafından kullanılan FFS [64]

FFS'ler, tip derecelendirme (type rating) ve tekrarlayan eğitimlerde (recurrent training) yaygın biçimde kullanılmakta olup, eğitim sürecinde pilotların uçuş operasyonlarını risksiz ve maliyet etkin biçimde gerçekleştirmelerine olanak tanır [75]. FAA standartlarına göre bu simülatörler teknik donanım ve performans düzeylerine göre A, B, C ve D olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır [28]. En yüksek düzey olan

Seviye D, tam hareket kabiliyeti ve gelişmiş görsel sistemleriyle gerçek uçuş deneyimine en yakın ortamı sağlamaktadır.

Full flight simulator (FFS) seviye A

Full Flight Simulator (FFS)-A seviyesindeki cihazlar; FFS sınıfının en düşük dereceli cihazlarıdır [28]. FAA standartları kapsamında A seviyesindeki bu simülatorlerde üç serbestlik dereceli (DoF) bir hareket sistemi FFS sınıfındaki en düşük derecede aerodinamik modelleme, görsel sistemler içermektedir [28, 61, 65].

Full flight simulator (FFS) seviye B

FFS sınıfının B seviyesinde olan simülatorler FAA'nın belirlemiş olduğu standartlara göre, FFS seviye A simülatorünün gelişmiş versiyonudur [65]. B seviyesinde yer alan bu simülatorler üç serbestlik dereceli hareket sistemi içermekte olup, A seviyesi FFS'lere göre daha gelişmiş aerodinamik modelleme, daha gelişmiş çözünürlük ve buna bağlı olarak görsel sistemler ve yine seviye FFS-A'ya göre daha hassas uçak davranışları içermektedir [61, 65].

Full flight simulator (FFS) seviye C

FFS sınıfının C seviyesinde olan simülatorler FAA'nın belirtmiş olduğu standartlar çerçevesinde 6 serbestlik dereceli bir hareket platformu, gelişmiş alacakaranlık ve gece görselleri FFS-B'ye göre daha yüksek derecede aerodinamik modelleme ve minimum 75° dış dünya görüşü içermektedir [28, 65]

Full flight simulator (FFS) seviye D

FFS sınıfının D seviyesindeki simülatorler FAA standartlarına göre FFS'nin en gelişmiş versiyonudur. FFS-D, seviye C'nin tüm özelliklerinin yanı sıra gerçekçi ses, hareket ve görsel efektler içermektedir FFS sınıfı tüm simülator sınıfının içinde en gelişmiş simülatorler olmakla birlikte FFS-D simülatorü FFS'nin en gelişmiş ve en pahalı simülatorüdür [27, 60, 64]. Tablo 2.1'de FAA standartlarına göre FFS sınıfı simülatorlerin karşılaştırmalı tablosu verilmiştir.

Tablo 2.1. *FAA FFS Simülatör seviyeleri arasındaki karşılaştırma* [28, 46, 61, 66]

Özellik	FFS-A	FFS-B	FFS-C	FFS-D
Hareket Sistemi	3 Serbestlik Dereceli	3 Serbestlik Dereceli	6 Serbestlik Derecesi, Düşük Gecikme Süresi	6 Serbestlik Derecesi, Yüksek Hassasiyet, Özel Efekt Sistemleri
Görüş Açısı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Her Pilot İçin En Az 75° Yatay Görüş Açısı	En Az 150° Yatay Görüş Açısı, Kolimatlı (Yansıtılmış) Ekran
Aerodinamik Modelleme	Temel Düzeyde Modelleme	Daha Gelişmiş Modelleme	Yüksek Doğrulukta Aerodinamik Modelleme	En Gelişmiş Aerodinamik Modelleme
Tip Sertifikası İçin Uygun	Hayır	Hayır	Evet	Evet
Gece / Alacakaranlık Sistemi	Yok	Varsa Temel Düzeyde	Var	Var
Ses / Efekt Sistemi	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Temel Uçak Sesleri	Gerçekçi Uçak İç/Dış Sesler, Özel Efektler ve Çevresel Gürültü Sistemleri Zorunlu
Uygulama Alanı	Sabit Kanatlı Eğitim	Sabit Kanatlı Eğitim	Ticari Tip Uçak Eğitimi	Tip Eğitimi, ZFT (Sıfır Uçuş Süresi) Dahil Üst Düzey Uygulamalar

2.3.1.2. Flight training device (FTD)

FTD, FFS sınıfının bir alt kategorisini temsil eden, daha az karmaşık yapıya sahip uçuş eğitim cihazlarıdır [63]. Bu simülatörler, hareket sistemi içermemekle birlikte belirli bir uçak tipine özgü kokpiti birebir ölçekte taklit eden, kontrol panelleri, göstergeler ve çeşitli uçuş ekipmanlarını fiziksel olarak yansıtan sistemlerdir [24, 30, 61, 63].

FAA, simülasyon teknolojisindeki ilerlemeler ve senaryo tabanlı eğitim yaklaşımlarının yaygınlaşmasını dikkate alarak, geçmişte kullanılan FTD Seviye 1, 2 ve

3 sınıflandırmasını kaldırmış ve bunun yerine ATD sınıfını uygulamaya koymuştur. Güncel standartlarda yalnızca FTD Seviye 4, 5, 6 ve 7 cihazları geçerli kabul edilmekte; önceki seviyeler ise “grandfathered” statüsünde değerlendirilmektedir [67].

FTD’ler, uçuş eğitimlerinde özellikle ticari pilotluk dereceleri ile hazırlık aşamasındaki eğitimlerde kullanılan etkili araçlardır [28, 60]. Bazı seviyelerde kapalı kokpit yapısına ve gerçek uçuş koşullarını taklit edebilen görsel sistemlere sahip olabilen bu cihazlar, temel uçuş operasyonlarını öğretmek için yeterli altyapıyı sağlamaktadır. Şekil 2.7’de TBM 910 tipi bir FTD kokpit görünümü yer almakta olup, kapalı kokpit, görsel sistem ve temel işlevsel kontrollerle donatılmıştır [68].



Şekil 2.7. Geliştirilmiş jet eğitim uçuş eğitim (FTD) kokpit görünümü [68]

Flight training device (FTD) seviye 4

FTD Seviye 4 cihazları, belirli bir uçak modelinin sistem yapılarını temel düzeyde tanıtmak ve bu sistemlerin kullanımına ilişkin prosedürel bilgileri öğretmek amacıyla kullanılan sabit tabanlı eğitim araçlarıdır. Bu cihazlar, kokpit içerisindeki operasyonel görevlerin anlaşılması ve temel sistem alışkanlıklarının kazandırılması için tasarlanmış olup FTD Seviye 4 uçuş eğitim cihazları aşağıdaki temel özelliklere sahiptir [69];

- Eğitimi verilecek uçağı temsil etmesi için panel, anahtar ve gösterge sistemlerinden oluşan kokpit.

- Uygulanan eğitim senaryolarında eğitim alan pilot veya pilot adaylarının komutlarına uygun reaksiyon veren sistem göstergeleri
- Simüle edilmiş hava ve yer mantığına sahip sistemsel altyapı olmakla birlikte aerodinamik modelleme zorunlu değildir.

Flight training device (FTD) seviye 5

FTD Seviye 5 cihazları FAA standartlarında sistemsel olarak FTD Seviye 4 eğitim cihazlarının bir üst seviyesi olarak sınıflandırılmış olup aşağıdaki temel özelliklere sahiptir [69];

- Temsil ettiği uçak sınıfının kokpit yapısını ve kontrol panellerini gerçek zamanlı olarak yansıtacak şekilde modellenmiştir.
- Pilotun eğitim süresince gerçekleştirdiği komutlara uygun tepkiler üreten sistem göstergelerine sahiptir.
- Aerodinamik modelleme, tam uçuş simülatörlerine (FFS) kıyasla sınırlı olmakla birlikte, ait olduğu uçak sınıfının tipik uçuş karakteristiklerini yansıtacak düzeydedir.
- Uçuş ve seyrüsefer eğitimi için gerekli olan kontroller, göstergeler ve enstrümantasyon donanımı sistemde yer almalıdır.
- Aletli yaklaşma gibi hassas manevraların manuel olarak icra edilebilmesine imkân tanıyacak düzeyde kontrol yükleme sistemleri ve tepki hassasiyeti bulunmalıdır.

Flight training device (FTD) seviye 6

FTD Seviye 6, FAA standartları kapsamında FTD seviye 5'in üst segmenti olarak sınıflandırılmış olup aşağıdaki özelliklere sahiptir [69];

- Belirli bir uçak tipine özgü sistemlerin çalıştırılması ve kokpit prosedürlerinin uygulanması amacıyla, uçuş karakteristiklerine özgü manevraların öğretilmesini sağlayacak donanımlara sahip olmalıdır.
- Eğitim senaryolarında, temsil edilen uçak tipine özgü anahtar ve kontrol sistemlerine uygun şekilde tepki veren gösterge sistemlerine sahip olmalıdır.
- Temsil edilen uçak tipinin kokpit yapısını birebir taklit etmelidir.
- Uçağın gerçekleştireceği operasyonlar kapsamında aerodinamik modellemeleri yüksek doğrulukta taklit etmelidir.

- Seyrüsefer sistemleri ve kontrolleri için gerekli enstrümanları işlevsellik açısından doğru taklit edebilmelidir.
- Temsil edilen uçak modelinin uçuş dinamiklerini taklit edecek şekilde kontrol, yükleme ve hareket hassasiyeti olmalıdır.
- Eğitim izleme ve müdahalesini mümkün kılacak yapıya sahip olmalıdır.

Flight training device (FTD) seviye 7

FAA standartları kapsamında FTD sınıfının en gelişmiş seviyesi olan FTD Seviye 7 eğitim cihazları, Seviye 6'nın tüm özelliklerini içermekle birlikte; bazı özel konfigürasyonlarında, özellikle polis hava araçları gibi görev odaklı helikopter eğitimleri için tasarlanmış gelişmiş kızıltötesi görüntüleme sistemleri gibi ilave teknolojilere de sahiptir [69].

2.3.1.3. Aviation training device (ATD)

ATD sınıfı simülatörler, FAA standartları kapsamında en alt düzeyde yer alan simülatör kategorisini temsil etmektedir [60, 63]. Bu cihazlar, temel uçuş eğitimi kapsamında pilot adaylarının uçuş kumandalarına hâkimiyet kazanmalarını ve uçak tepkilerini tanımalarını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

ATD sınıfı simülatörler, donanım özellikleri ve eğitim amaçlarına göre iki ana kategoriye ayrılmaktadır: Temel Havacılık Eğitim Aracı (Basic Aviation Training Device -BATD) ve Gelişmiş Havacılık Eğitim Aracı (Advanced Aviation Training Device -AATD). Bu sınıflar, farklı düzeylerde görsel sistemler, kontrol üniteleri ve yazılım altyapılarıyla donatılmış olup, özellikle aletli uçuş (IFR) eğitime hazırlık aşamalarında etkin bir biçimde kullanılmaktadır [60]. Şekil 2.8'de, BATD örneğine ait bir görsel yer almakta olup, cihazın temel uçuş kumandaları ve ekran sistemleri görülmektedir [70].



Şekil 2.8. FAA Onaylı BATD cihazı [70]

Basic aviation training device (BATD – Temel havacılık eğitim cihazı)

ATD sınıfının en düşük segmenti olan BATD seviyesindeki cihazlar, görsel sistemler ve aerodinamik modellemeleri simüle etmek zorunda değildirler. Ancak temel düzeyde uçuş prensiplerini, aletli uçuş prosedürlerini ve kokpit kaynak yönetimi gibi temel becerilerin öğretilmesi amacıyla kullanılmaktadırlar [71].

Advanced aviation training device (AATD - gelişmiş havacılık eğitim cihazı)

ATD sınıfının FAA tarafından onaylanmış üst segmenti olan AATD, BATD'ye göre daha gelişmiş işlevsellik sunmakta ve kokpit yerleşimi, kontrol sistemleri ve enstrümantasyon açısından daha yüksek doğruluklu yapıya sahiptir. Bu cihazlar eğitmen müdahalesini de mümkün kılacak şekilde bir tasarıma sahiptir [71].

2.3.2. EASA Simülör sınıflandırması

EASA'ya göre Full Flight Simulator (FFS), belirli bir uçak tipinin gerçek uçuş koşulları altındaki operasyonel durumunu yüksek doğrulukla temsil eden, hareket sistemlerine (motion system) ve gelişmiş görsel sistemlere sahip olan en üst düzeydeki

simulator sınıfıdır. Bu cihazlar, uçuş karakteristiklerinin yanı sıra sistem davranışlarını, kokpit konfigürasyonunu ve çevresel faktörleri de detaylı biçimde simüle eder [28].

EASA tarafından tanımlanan FFS standartları, FAA'nın tanımlamış olduğu FFS kriterleriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu benzerlik hem seviye yapılarında (A, B, C, D) hem de teknik gerekliliklerde gözlenmektedir [28].

2.3.2.1. Flight training device (FTD)

EASA kriterlerine göre FFS tipi simulatorlerden sonra gelen FTD sınıfı simulatorler belirli bir hava aracının kokpitini temsil eder ve kapalı veya açık bir kokpit bünyesinde barındırır [28, 62]. FTD sınıfı simulatorler EASA standartlarına göre 1, 2 ve 3 olmak üzere üç seviyeye ayrılmaktadır.

Flight training device (FTD) seviye 1

FTD sınıfının seviye 1 simulatorleri kendi sınıfı içerisinde en gelişmiş eğitim cihazlarını temsil etmekte olup, temsil edilen uçağın kokpitini lisanlı versiyonuna göre simüle etmektedir. Ayrıca uçağın uçuş operasyonu sırasındaki karakteristik davranışını ve aerodinamik modellemelerini taklit etmekte olup, hareket sistemi bulunmaz ve eğitmenin müdahalesini mümkün kılacak yapıya sahiptir [62].

Flight training device (FTD) seviye 2

FTD sınıfının seviye 2 simulatorleri FTD seviye 1'e göre daha basit yapıda olup, kokpit temsil düzeyi daha düşüktür. Bu cihazın aerodinamik modellemesi FTD seviye 1'deki kadar gelişmiş olmasa da bazı uçuş karakteristiklerini temsil edebilir ve FTD seviye 1'deki gibi eğitmen kontrol ve müdahalesini mümkün kılacak yapıya sahiptir [62].

Flight training device (FTD) seviye 3

FTD 3 sınıfı simulatorler helikopter eğitimi için kullanılmakta olup yüksek görsel ve doğrulama sistemleri bakımından diğer iki seviyeden ayrılmaktadır. Ayrıca dikey 60 derece görüş açısına sahiptir [62].

2.3.2.2. Flight and Navigation Procedures Trainer (FNPT)

EASA düzenlemeleri kapsamında uçuş simülatörlerinin sınıflandırmasında en alt seviyede yer alan cihazlar, FNPT olarak adlandırılmaktadır. Bu simülatörler, belirli bir uçak tipine bağlı olmaksızın, aletli uçuş (IFR) prosedürleri ve radyonavigasyon tekniklerinin öğretilmesi amacıyla kullanılan eğitim sistemleridir [30]. Eğitim sürecinde özellikle uçuş operasyonlarının prosedürel boyutuna odaklanarak pilot adaylarının temel seyrüsefer becerilerini geliştirmeyi hedefler.

FNPT cihazları, teknik donanım ve eğitim kapsamına göre FNPT I, FNPT II, FNPT II MCC ve FNPT III olmak üzere dört seviyede sınıflandırılmaktadır [28, 72] Bu sınıftaki simülatörler, pilot adaylarına temel düzeyde uçuş ve seyrüsefer eğitimi sunmak amacıyla tasarlanmış olup, çoğu durumda belirli bir uçak tipinin kokpit düzenine benzer yapıda üretilmektedir [30, 60]. Özellikle IFR eğitimi ve radyonavigasyon uygulamaları için etkin bir eğitim aracı olarak değerlendirilen FNPT'ler, maliyet açısından da üst seviye simülatörlere göre daha erişilebilir çözümler sunmaktadır.

Şekil 2.9'da, FNPT II sınıfına ait bir kokpit görünümü yer almakta olup, uçuş sistemlerinin ve radyonavigasyon işlemlerinin simüle edildiği kapalı kokpit yapısını göstermektedir [73].



Şekil 2.9. FNPT II Sınıfı Kokpit Görünümü [73]

FNPT I

FNPT I sınıfındaki simülatörler, tek motorlu uçaklara özgü temel uçuş karakteristiklerini temsil eden jenerik tasarımlarla geliştirilmiştir. Bu simülatörlerde hareket sistemi yer almaz ve görsel sistem entegrasyonu zorunlu değildir. Ancak bazı modellerde, eğitimin etkinliğini artırmak amacıyla görsel sistemler kullanılmaktadır [28, 62].

FNPT II ve FNPT II MCC

FNPT III seviyesi simülatörler yalnızca helikopter eğitime yönelik olarak geliştirilmiş olup, özellikle döner kanatlı hava araçlarının operasyonel senaryolarına uygun olarak tasarlanmıştır. Bu simülatörler, yatayda 150 derece ve dikeyde 60 derece görüş açısı sağlayan gelişmiş bir görsel sisteme sahiptir [28].

2.3.2.3. BITD

BITD sınıfındaki simülatörler, yer temelli enstrüman eğitimi amacıyla kullanılan en basit yapıdaki uçuş simülasyon cihazlarıdır. Bu simülatörler, yalnızca uçaklardaki gösterge sistemlerini simüle etmekte olup, temel düzeyde enstrüman eğitimi sunmak üzere tasarlanmıştır [30]. Şekil 2.10'da EASA onaylı EASA CS-FSTD(A) standardına uygun BITD cihazı gösterilmiştir [74].



Şekil 2.10. EASA onaylı EASA CS-FSTD(A) standardına uygun BITD cihazının kokpiti [74]

2.4. Pilot Açığı ve Küresel Pilot Talebi

Gelişen teknoloji, havayolu ulaşımının artan cazibesi, küresel nüfus artışı ve bu dinamiklere bağlı olarak havayolu filolarında yaşanan büyüme, her geçen gün daha fazla uçuş operasyonlarında görev alacak personele olan ihtiyacı artırmaktadır. Bununla birlikte, havacılık eğitimlerinin yüksek maliyeti, eğitim süreçlerinin uzunluğu ve deneyimli personelin emekliliğe ayrılması gibi etkenler bir araya geldiğinde, küresel ölçekte ciddi bir pilot açığı oluşması kaçınılmaz hale gelmektedir. Nitekim literatürde, güncel pilot açığına ilişkin verilerin yanı sıra, gelecek yıllara yönelik öngörülerini içeren çok sayıda çalışma yer almaktadır.

Graham M. R [6], çalışmasında pilot açığına değinerek önümüzdeki 20 yıl içinde Asya ve Avrupa'da yaklaşık 300.000 pilota ihtiyaç duyulacağını, benzer şekilde ABD'de ise 95.000 pilotluk bir talebin oluşacağını ifade etmektedir. Ayrıca yazar, ABD'deki bu ihtiyacın mevcut eğitim sisteminde herhangi bir değişiklik yapılmadığı takdirde yalnızca 64.000'inin karşılanabileceğini vurgulamaktadır.

Havayolu sektöründe yaşanan gelişmeler ve giderek büyüyen pilot açığı, mevcut eğitim yöntemlerinin etkinliğini sorgulatmış ve yeni eğitim yaklaşımlarının gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu kapsamda Graham [6], geleneksel eğitim yönteminin birbir öğretim esasına dayandığını ve bu yöntemin artan pilot ihtiyacını karşılamada yetersiz kalacağını ifade etmektedir. Yazar, eğitim sürecinin daha verimli hale gelmesi ve sürenin kısaltılabilmesi adına işbirlikçi eğitim (collaborative training) metodunun benimsenmesini önermektedir.

Broach ve ark.[3], ABD Hükümeti Hesap Verebilirlik Ofisi'nin (GAO- Government Accountability Office) 2014 yılına ait verilerini temel aldıkları çalışmalarında, söz konusu yıl itibarıyla ABD'de 15 ana hat havayolu şirketi ile 70 bölgesel havayolu şirketinin faaliyet gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu havayolu şirketlerinde yaklaşık 72.000 pilotun görev yaptığı ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca GAO'nun projeksiyonlarına yer verilerek, 2014 yılını takip eden on yıllık süreçte ABD'de 19.000 ila 45.000 arasında yeni pilota ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür. Aynı çalışmada Boe-ing'in küresel öngörülerini de paylaşılmış; buna göre, önümüzdeki 20 yıl içinde dünya genelinde 630.000'den fazla yeni pilota ihtiyaç duyulacağı ve bu ihtiyacın yaklaşık 90.000'inin yalnızca Kuzey Amerika bölgesinden kaynaklanacağı belirtilmiştir.

Pilot açığına ilişkin farklı kaynaklarda yapılan çalışmalarda, çeşitli otoritelerin ortak görüşü ilerleyen yıllarda ciddi sayıda yeni pilota ihtiyaç duyulacağı yönündedir. Cookson [11] Japonya merkezli çalışmasında IATA verilerine dayandığı öngörülerinde, 2009 yılını takip eden on yıllık dönemde 200.000'den fazla yeni pilota ihtiyaç duyulacağını belirtmiştir. Ayrıca, mevcut eğitim sistemlerinin bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalacağına dikkat çekmiştir. Cookson, bu durumun yalnızca Japonya ile sınırlı olmadığını; Rusya, Avustralya, Hindistan ve Çin gibi ülkelerde de benzer pilot açığı sorunlarının ortaya çıktığını vurgulayarak, küresel düzeyde yaşanan bu eğilimi pekiştirmiştir.

Verheijen [5]'in araftndan gerçekleştirilen ve 2002 yılına dayanan çalışma, pilot açığı sorunlarının yalnızca günümüzde değil, geçmişte de ciddi şekilde hissedildiğini ortaya koymaktadır. Hollanda ölçeğinde yapılan araştırmada, 2002 yılı itibarıyla ülkede yaklaşık 3.000 pilotun görev yaptığı, buna karşın her yıl yaklaşık 100 yeni pilota ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu ihtiyaç hesaplaması mevcut havayolu şirketlerinin büyümesi dikkate alınmaksızın yapılmıştır. Dolayısıyla sektördeki büyüme trendi göz

önünde bulundurulduğunda, günümüzde bu ihtiyacın çok daha yüksek seviyelere ulaştığı öngörülebilir.

Yukarıdaki bulguları destekler nitelikte, Kılıç ve Soran [75] tarafından 2019 yılında gerçekleştirilen çalışmada, Airbus verileri esas alınarak 2017–2036 yılları arasında kapsayan projeksiyonda toplam 534.000 yeni pilota ihtiyaç duyulacağı belirtilmiştir. Bu tür öngörüler, havacılık sektörünün ne denli hızlı bir büyüme potansiyeline sahip olduğunu ve bu büyümenin personel ihtiyacına doğrudan yansıdığını göstermektedir.

Havacılık sektörünün hızlı ve öngörülemez büyüme dinamikleri nedeniyle, farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan projeksiyonlar arasında belirgin sayısal farklılıklar oluşmaktadır. Bu durum, sektördeki genişleme hızının pilot ihtiyacına etkisinin çok boyutlu ve değişken olduğunu ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, daha yakın tarihli bir çalışmada Hüseyinliklioğlu [76], Boeing verilerine dayanarak 2019–2039 yıllarına ilişkin küresel ölçekli projeksiyonlar sunmuştur. Çalışmada 2019 yılı itibarıyla hizmette olan yaklaşık 26.000 uçağın, 2039 yılına kadar 49.000'e çıkmasının beklendiği belirtilmiştir; buna paralel olarak 760.000'den fazla yeni pilota ihtiyaç duyulacağı vurgulanmıştır.

Çalışma kapsamında pilot açığına; eğitim süresi, maliyet, uygulanan eğitim yöntemleri ve pilotların istihdam şekli gibi çeşitli unsurların katkıda bulunduğu görülmektedir. Duggar ve ark. [53] 2011 yılında yayımladıkları çalışmalarında, 1990'lı yılların başlarına kadar ABD'de sivil havacılıkta görev yapan pilotların yaklaşık %90'ının askeri kökenli olduğunu belirtmişlerdir. Ancak ilerleyen yıllarda bu oranın %10 seviyelerine kadar gerilediği ifade edilmiştir. Yazarlar, geçmişte askeri kökenli pilotların sivil havacılığa geçişi sayesinde sektördeki personel ihtiyacının önemli ölçüde karşılandığını, dolayısıyla pilot eğitiminin arz-talep dengesinde kritik bir sorun oluşturmadığını; ancak günümüzde bu rezervin azalmasıyla birlikte pilot açığının çok daha görünür hale geldiğini vurgulamışlardır.

Aynı çalışmada, arz-talep dengesine ilişkin olarak 2028 yılına kadar geçen süreçte 125.000'in üzerinde yeni pilota ihtiyaç duyulacağı, ancak bu dönemdeki pilot arzının yaklaşık 81.000 kalacağı öngörülmüştür. Duggar ve ark. [53], pilot açığı sorununa yalnızca eğitim kalitesi açısından değil, daha çok eğitim kapasitesi açısından yaklaşarak, havacılık eğitiminin niceliksel olarak genişletilmesi gerektiğine dikkat çekmişlerdir.

Havayolu sektörünün hızlı büyümesi yalnızca pilot açığına değil, aynı zamanda uçuş operasyonlarına bağlı diğer meslek gruplarında da ciddi personel ihtiyaçlarına yol açmaktadır. Bu bağlamda Keller ve ark.[48], 2020 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında ICAO verilerine dayanarak 2037 yılına yönelik bir projeksiyon sunmuşlardır. Buna göre, söz konusu tarihe kadar dünya genelinde yaklaşık 1,3 milyon teknisyene, 790.000 pilota ve 890.000 kabin ekibine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu rakamlar, havacılık sektörünün yalnızca uçucu personel değil, tüm destekleyici operasyonel kadrolar açısından da genişleyen bir istihdam yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 20 yılı aşkın zaman dilimi içerisinde pilot açığı konusu önemli bir yer tutmaktadır. Yapılan öngörüler zaman, coğrafi bölge ve tahmin yapan kurumların değişkenliği nedeniyle farklılıklar göstermektedir. Tablo 2.2’de bu verileri içeren karşılaştırmalı bir tablo sunulmuştur.

Verilerde farklılıklar olmasına karşın, Graham, Cookson, Duggar gibi araştırmacılar ve ICAO, Boeing, Airbus ve GAO gibi kuruluşların ortaklaştığı nokta ilerleyen yıllarda havacılık sektörünün başta pilot olmak üzere ciddi personel sıkıntısı içerisine gireceğidir. Yukarıda bahsedilen çalışmalardan bazıları bu açığı kapatabilmek için havacılık eğitimlerinin niceliksel yapısına atıf yaparken, pek çoğu ise bu sorunun maliyet, eğitim süresi ve pilot istihdamı gibi çeşitli nedenlere dayandırmaktadır. Sonuç olarak pilot açığını besleyen pek çok unsurun olduğu literatürün ortaklaştığı noktadır. Bu kapsamda pilot eğitimi ile ilgili metot değişikliği ve bu eğitimlerin simülör teknolojisi ile entegrasyonu en çok üzerinde durulan konuların başında gelmektedir.

Tablo 2.2. Farklı yıllara ve coğrafi bölgelere ilişkin pilot talebi tahminleri [3, 5, 6, 48, 53, 75, 76]

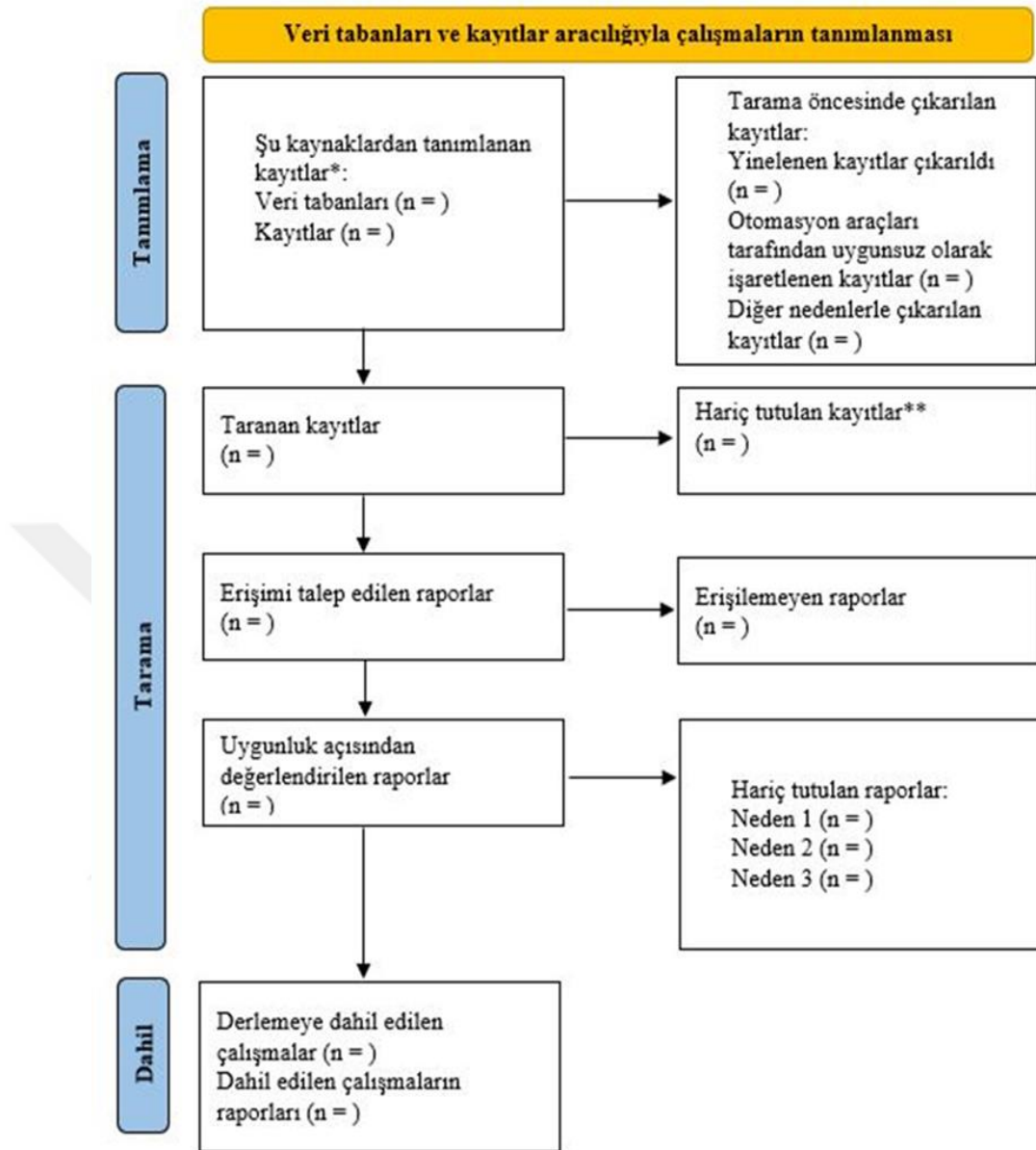
Yıl Aralığı	Bölge / Kapsam	Tahmini Pilot İhtiyacı	Kaynak Kurum	Çalışma Sahibi
2024-2044	Asya ve Avrupa	~300.000	-	Graham (2024)
2024-2044	ABD	Talep: ~95.000 / Arz: 64.000)	-	Graham (2024)
2014-2024	ABD	19.000-45.000	GAO	Broach ve Ark. (2019)
2014-2034	Global	630.000	Boeing	Broach ve Ark. (2019)
2009-2019	Global	200.000+	IATA	Cookson (2009)
2002	Hollanda	100 / Yıl	-	Verheijen (2002)
2017-2036	Global	534.000	Airbus	Kılıç & Soran (2019)
2019-2039	Global	760.000+	Boeing	Hüseyinlikioğlu (2021)
2028'e kadar	ABD	Talep: 125.000 / Arz: 81.000	-	Duggar ve Ark. (2011)
2037'ye kadar	Global	790.000 (pilot)	ICAO	Keller ve Ark. (2020)
2037'ye kadar	Global	1.300.000 (Teknisyen)	ICAO	Keller ve Ark. (2020)
2037'ye kadar	Global	890.000 (kabin ekibi)	ICAO	Keller ve Ark. (2020)

3. YÖNTEM

Uçuş simülatörleri, günümüzde pilot eğitiminin her aşamasında kullanılan kritik bir bileşen haline gelmiştir. Havacılık sektörünün ilk yıllarında yalnızca mekanik bir yapıya sahip olan ve temel eğitim amaçlı kullanılan bu cihazlar, teknolojik ilerlemeler sayesinde günümüzde uçuş operasyonlarını yüksek doğrulukla taklit edebilecek düzeye ulaşmıştır. Başlangıç dönemlerinde uçaklar, basit mekanik sistemlerle donatılmış olup bu durum, uçuş ekiplerinin sayısı ve niteliğini de sınırlı kılmıştır. Ancak modern uçaklar, gelişmiş elektrikselsel, elektronik ve bilgisayar destekli sistemlerle donatılmış olup bu durum eğitim ihtiyaçlarını da dönüştürmüştür. Bununla birlikte, havacılık tarihi boyunca yaşanan kazalar, pilot eğitiminin kapsam ve niteliğini doğrudan etkilemiş; uçuşun yalnızca bireysel bir faaliyet değil, bir ekip işi olduğunu ortaya koymuştur. Tüm bu gelişmeler doğrultusunda, çağdaş pilot eğitimi hem pedagojik hem de teknik açıdan farklı aşamalara ayrılarak çok boyutlu bir yapıya kavuşmuştur.

Pilot eğitiminin bu çok katmanlı yapısına ek olarak, eğitimde kullanılan cihazların yüksek maliyeti ile EASA ve FAA gibi havacılık otoritelerinin pilot sertifikası için öngördüğü asgari uçuş saati gerekliliklerindeki artış, eğitim sürecinin daha uzun ve maliyetli hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum yalnızca bireysel adaylar için değil, eğitim kurumları açısından da ciddi kaynak planlaması ihtiyacını doğurmaktadır. Tüm bu unsurlar bir araya geldiğinde, küresel ölçekte hissedilen ve önümüzdeki yıllarda daha da derinleşmesi beklenen pilot açığını önemli ölçüde tetiklemektedir.

Bu kapsamda, pilot eğitiminin kritik bir bileşeni olan uçuş simülatörleri; hem küresel pilot açığını azaltma potansiyeli, hem öğrenci ve pilot güvenliğini artırma işlevi, hem de maliyetleri düşürme avantajları nedeniyle son yıllarda literatürde yoğun şekilde ele alınan bir konu haline gelmiştir. Bu noktadan hareketle, uçuş simülatörlerinin hem maliyet boyutu hem de pilotların mesleki gelişim süreçlerinde oynadığı rol dikkate alınarak, bu araçların sistematik bir literatür analiziyle değerlendirilmesi, havacılık eğitimi ve sektörel planlama açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla çalışmada, simülatörlerin pilot eğitimindeki işlevi ve ekonomik etkileri sistematik literatür taraması yöntemiyle incelenmiştir. Tarama sürecine başlamadan önce, çalışmanın sistematik ve odaklı bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla belirli bir tarih aralığı tanımlanmıştır. Bu kapsamda yalnızca Ocak 2000 – Aralık 2024 tarihleri arasında yayınlanmış çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. Şekil 3.1’de çalışmada kullanılan PRISMA yaklaşımının akış şeması verilmiştir [77].



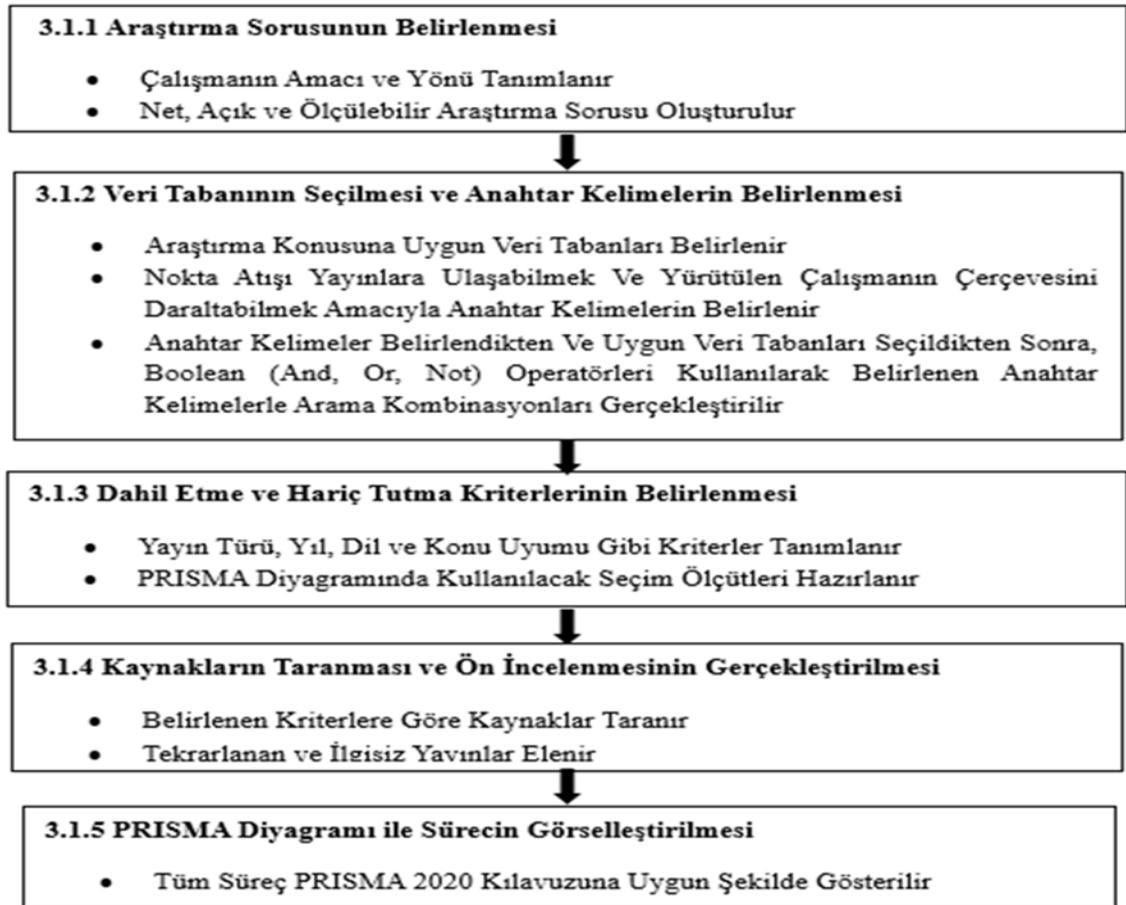
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan PRISMA akış diyagramı [77]

Bu araştırmada, sistematik literatür taramasının metodolojik tutarlılığını ve raporlama şeffaflığını korumak amacıyla PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protokolü esas alınmıştır. Akademik araştırmalarda literatür incelemelerinin güvenilirlik ve doğrulanabilirliğini artırmak için geliştirilen bu yaklaşım, tarama sürecinin açık, sistematik ve izlenebilir biçimde yürütülmesini sağlar. Bu çerçevede çalışmanın, araştırma sürecinde disiplinli, planlı ve yeniden üretilebilir bir yapı sergilemesi amaçlanmıştır. Kullanılan yöntemin teknik aşamaları ve uygulama adımları ise yöntem bölümünde ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.

3.1. Sistematik Literatür Taraması Yönteminin Tanımı ve Uygulama Süreci

Sistematik literatür taraması, belirlenen bir araştırma konusu ya da problem doğrultusunda, literatürde yer alan çalışmaları belirli bir disipline bağlı kalarak; şeffaf, izlenebilir ve başka araştırmacılar tarafından da tekrarlanabilir şekilde incelemeye tabi tutarak bilimsel bilgiye ulaşmayı amaçlayan bir metottur [78, 79]. Bu yöntem, özellikle günümüzde giderek karmaşıklaşmakta olan ve sayısı her geçen gün artan bilimsel yayınların, araştırma bulgularının organize edilmesi, sistemli biçimde analiz edilmesi ve yorumlanmasında etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır [80].

Sistematik literatür taraması, konvansiyonel literatür taramasına göre önceden belirlenmiş protokoller kapsamında yürütülmesi ve objektiflik ilkesiyle hareket etmesi bakımından öne çıkmaktadır. Şekil 3.2’de çalışmada kullanılan PRISMA yaklaşımının akış şeması verilmiştir. Belirlenen araştırma konusunu sistematik olarak ele alabilmek için aşağıdaki süreçler dikkate alınmalıdır



Şekil 3.2. Sistematik literatür taraması sürecinde izlenen aşamalar



şekil 3.2.(Devam) Sistematiik literatür taraması sürecinde izlenen aşamalar

3.1.1. Araştırma sorusunun belirlenmesi

Sistematiik literatür taraması için kritik öneme sahip olan bu aşamada, yapılması hedeflenen çalışmanın hedefine uygun, net, açık ve araştırmanın yönünü belirleyecek bir soru tanımlanması gerekmektedir. Bu soru, sistematiik literatür taramasının çerçevesini ve yönünü belirler [78]. Araştırma sorusunun net, yani hedefe yönelik olması; literatür taramasının sonraki aşamalarında karşılaşılabilecek zorlukların önüne geçilmesinde hayati öneme sahiptir.

3.1.2. Veri tabanının seçilmesi ve anahtar kelimelerin belirlenmesi

Günümüzde internet teknolojisinin gelişimine paralel olarak pek çok web tabanlı arama motoru bulunmakta ve bu motorlar çok sayıda nitelikli çalışmayı bünyesinde barındırmaktadır. Bu arama motorlarının birçoğu, özellikle belirli alanlardaki çalışmaları toplamaktadır. Yapılacak araştırmaya en uygun veri tabanlarının seçimi, çalışmanın sağlıklı ilerleyebilmesi ve zaman tasarrufu açısından büyük öneme sahiptir. Ayrıca, nokta atışı yayınlara ulaşabilmek ve yürütölen çalışmanın çerçevesini daraltabilmek amacıyla anahtar kelimelerin belirlenmesi gerekmektedir. Anahtar kelimeler belirlendikten ve uygun veri tabanları seçildikten sonra, boolean (and, or, not) operatörleri kullanılarak belirlenen anahtar kelimelerle arama kombinasyonları gerçekleştirilir [78].

3.1.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi

Yapılacak literatür taramasında, hangi türdeki veya hangi içeriğe sahip çalışmaların taramaya dahil edileceği ya da dışlanacağını önceden belirlenmesi gerekmektedir. Tarama süreci için belirlenecek bu kriterler, literatür taramasının güvenilirliğini artıran faktörlerin başında gelmektedir. Çalışma türü, yayın yılı, dil ve konu uyumu gibi kriterler bu aşamada önem kazanmaktadır [79]. Ayrıca, seçim aşamasını sistematik bir hale getirmek amacıyla belirlenen bu kriterlerin PRISMA diyagramına göre somutlaştırılması önem arz etmektedir.

3.1.4. Kaynakların taranması ve ön incelenmesi

Çalışmanın amacı doğrultusunda belirlenen veri tabanları ve anahtar kelimeler aracılığıyla yapılan aramalar neticesinde elde edilen çalışmalar ilk olarak ön incelemeye tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu aşamada tekrar eden çalışmalar ve çalışma konusu ile ilgisiz olan ya da kalite açısından yetersiz çalışmalar elenir [80]. Yapılan bu işlem çalışmanın çerçevesinin disiplinler arası geçerliliğini sağlamak açısından büyük öneme sahiptir.

3.1.5. PRISMA Diyagramı ile sürecin görselleştirilmesi

Bu çalışmada sistematik literatür taraması süreci, PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – Sistematik Derlemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri) kılavuzu esas alınarak yürütülmüştür. PRISMA, sistematik derleme ve meta-analiz çalışmalarında şeffaflık, tekrarlanabilirlik ve bilimsel geçerlilik sağlamayı amaçlayan uluslararası kabul görmüş bir raporlama standardıdır.

Bu çerçevede, sistematik literatür taramasındaki tüm süreçler şekil 3.3’de ifade edildiği gibi PRISMA diyagramı ile görselleştirilmiş; taramanın hangi aşamasında kaç yayının dahil edildiği veya elendiği açık şekilde ifade edilmiştir. Böylece, çalışmada kullanılan veri seti açık biçimde tanımlanmış ve literatür seçiminin bilimsel temellere dayandığı ortaya konmuştur [79].

3.1.6. Verilerin sistematik olarak çıkarılması

Yapılan ön inceleme neticesinde, çalışmaya dahil edilen çalışmalardan sistematik olarak verilerin çıkarılması gerekmektedir. Çalışmanın amacı, kullanılan yöntem, örneklem ve bulgular gibi verilerin standart bir form aracılığıyla kaydedilmesi gerekir [81]. Bu aşama, çalışmanın metodolojik tutarlılığını sağlamak adına önem taşımaktadır.

3.1.7. Tematik kodlama ve sentez

Yukarıda açıklanan süreçler neticesinde elde edilen veriler üzerinden çalışmaların ortak temaları belirlenerek içerik analizi yapılması gerekmektedir. Bu sayede araştırma konusunun derinlemesine anlaşılması sağlanır. Bu tematik analiz süreci, aynı zamanda tarama sonucu elde edilen çalışmaların birbiriyle ilişkilendirilmesi, ortak noktalarının ortaya konulması ve literatürdeki boşlukların belirlenmesi açısından önemlidir.

3.1.8. Sistematik literatür taramasının bilimsel disiplinler arası önemi

Sistematik literatür taramasının amacı yalnızca bir çalışma hakkında veri toplamak değil; aynı zamanda elde edilen verileri eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmek ve üzerinde çalışılan alandaki bilimsel boşlukları tespit etmek için de kullanılmaktadır. Sistematik literatür taraması yönteminin özellikle sağlık ve eğitim bilimleri gibi yoğun bilgi üretiminin olduğu alanlarda sıklıkla kullanıldığı belirtilmiştir [43]. Ayrıca, sosyal bilimler özelinde ele alındığında da artan çalışma sayısı nedeniyle sistematik literatür taramasının önem kazandığı ifade edilmiştir [80]. Buradan hareketle, sistematik literatür taramasının bir araştırma yöntemi olarak farklı disiplinlerde de giderek daha önemli hale geldiği görülmektedir.

Sistematik literatür taramasının öne çıkan bileşenlerinden biri de elde edilen verilerin niteliksel yani kalite temelli değerlendirmeye tabi tutulmasıdır. Bu bağlamda incelenen çalışmalarda, seçilen yayınların bilimsel geçerlilik ve güvenilirlik açısından titizlikle değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır [79].

Araştırmacılar, bu değerlendirme sürecinde çalışmanın türü, kullanılan örneklem sayısı, yöntemsel yeterliliği ve çalışmanın ait olduğu alana potansiyel katkısı gibi ölçütleri göz önünde bulundurmaktadır. Sistematik literatür taraması, yukarıda da ifade edildiği gibi, yalnızca veri toplamakla sınırlı kalmayıp; aynı zamanda araştırma kalitesini artırmaya yönelik filtreleme ve analiz mekanizmalarının geliştirilmesini de içermektedir. İncelenen çalışmalarda belirlenen yedi aşamalı yapı sayesinde yalnızca

bireysel olarak yürütülmüş araştırmalardan elde edilen sonuçlara ulaşmakla kalınmamakta, aynı zamanda bu çalışmalar arasında ilişki kurularak daha geniş kapsamlı teorik çıkarımlar yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Sentez sürecinin ise karşılıklı analiz, çürütme ve argüman dizisi gibi çeşitli teknikleri içerdiği görülmüştür.

3.2. Sistematik Literatür Taramasının Uygulanması

Bu çalışma kapsamında sistematik literatür taraması yöntemi, araştırmanın bilimsel geçerliliğini güçlendirmek amacıyla tercih edilmiştir. Yöntem, yalnızca konuyla ilgili güncel ve güvenilir çalışmalara ulaşmayı değil; aynı zamanda bu çalışmaların belirli ölçütlere göre sistematik biçimde sınıflandırılmasını ve değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Böylece elde edilen bulguların tutarlılığı ve güvenilirliği artırılmış; veri seti içinde metodolojik şeffaflık sağlanmıştır. Bu yaklaşım, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde gerçekleştirilecek tematik ve bibliyometrik analizlerin sağlam bir temel üzerine inşa edilmesine olanak tanımış; literatürün bütüncül olarak ele alınmasına katkı sağlamıştır.

3.2.1. Araştırma sorusunun belirlenmesi

Sistematik literatür taramasında ilk ve en kritik adım, araştırma sorusunun net bir şekilde tanımlanmasıdır. Bu adım, çalışmanın kapsamını belirlemenin yanı sıra, hangi çalışmaların dahil edileceğini ve hangi kriterlere göre analiz edileceğini de şekillendirmektedir. Araştırma sorusu, literatürdeki bilgi boşluğunu doldurmayı ve belirli bir konuda sistematik bir çerçevede bilgi toplamayı amaçladığından, çalışmanın bütün aşamalarını yönlendiren temel unsurlardan biridir. Bu doğrultuda çalışmanın temel araştırma sorusu şu şekilde tanımlanmıştır:

“Uçuş simülatörleri, pilot eğitimi ve pilotların kariyer gelişim süreçlerinde ne ölçüde etkili araçlardır?” Bu soru doğrultusunda, simülatörlerin eğitim süreçlerindeki yeri, havacılık sektörüne olan etkileri ve maliyet boyutu çok yönlü bir biçimde analiz edilmiştir. Araştırma sorusu, yalnızca simülatörlerin teknik veya pedagojik boyutunu değil, aynı zamanda maliyet etkinliği ve mesleki gelişime katkı gibi konuları da kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır.

3.2.2. Veri tabanlarının seçilmesi ve anahtar kelimelerin belirlenmesi

Sistemik literatür taraması kapsamında, çalışmayla en yakından ilgili ve kapsamlı çalışmaları içermesi nedeniyle Google Scholar, Web of Science ve Scopus veri tabanları tercih edilmiştir. Araştırmanın başında belirlenen anahtar kelimeler doğrultusunda “flight simulator training”, “pilot training” ve “flight training” gibi temel ifadeler kullanılmış; ayrıca “airplane”, “commercial” ve “cost” gibi destekleyici terimlerle bu ifadeler zenginleştirilmiştir. Tüm bu terimler, Boolean operatörleri (AND, OR, NOT) ile çeşitli kombi-nasyonlarda birleştirilerek arama stratejisi yapılandırılmıştır. Tablo 3.1’de araştırmaya dahil edilen arama dizinleri verilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmaya dahil edilen arama dizinleri

Arama Seçeneği	Arama Dizini
Başlık- Anahtar Kelime- Arama Dizini	*Pilot Training (Pilot Eğitimi) ya da *Flight Training (Uçuş Eğitimi) ya da *Flight Simulator Training (Uçuş Simülatorü Eğitimi) ve *Commercial (Ticari) ve *Airplane (Uçak) ve *Cost (Maliyet)

Tarama sürecinde yalnızca İngilizce literatürle sınırlı kalınmamış; aynı veri tabanları (Google Scholar, Web of Science, Scopus) içerisinde “uçuş simülatorü eğitimi”, “pilot eğitimi”, “uçuş eğitimi” gibi Türkçe anahtar kelimelerle de taramalar yapılmıştır. Ancak Türkçe literatür sayısının sınırlı olması nedeniyle esas analiz uluslararası İngilizce yayınlar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.2’de araştırmadan dışlanan arama dizinleri verilmiştir.

Tablo 3.2. Araştırmadan dışlanan arama dizinleri

Arama Seçeneği	Hariç Tutulan Arama Kriteri
Başlık- Anahtar Kelime- Arama Dizini	*UAV(İnsansız Hava Aracı) ve *Drone ve *Helicopter (Helikopter)

Bu doğrultuda, sistematik literatür taraması PRISMA ilkelerine uygun şekilde yürütülmüş; tanımlanan anahtar kelimelerle Google Scholar, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında Ocak 2000 – Aralık 2024 tarih aralığını kapsayan çalışmalar incelenmiştir

3.2.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan sistematik literatür taraması kapsamında, çalışma ile doğru-dan ilişkili olan “flight simulator training”, “pilot training” ve “flight training” şeklindeki anahtar kelimeleri içeren tarama cümleleri tercih edilmiştir. Arama yapılırken konunun kapsamını destekleyen “airplane”, “commercial” ve “cost” gibi yardımcı terimler de sürece dâhil edilmiştir. Öte yandan, doğrudan pilot eğitimiyle ilişkili olmayan veya farklı disiplinlerde değerlendirilen “virtual reality”, “UAV”, “drone” ve “helicopter” gibi kavramlar hariç tutulmuştur. Bu yaklaşım, çalışmanın yalnızca insanlı hava araçlarına yönelik, sivil pilot eğitime odaklanmasını ve maliyet, kariyer gelişimi gibi boyutları doğrudan içeren literatüre ulaşılmasını sağlamıştır. Tablo 3.3’de dahil etme ve hariç tutma kriterleri gerekçeleriyle birlikte tablo şeklinde verilmiştir.

Tablo 3.3. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin açıklamalı tablosu

Kriter Türü	Kriter	Gerekçe / Açıklama
Dahil Etme	“Flight Simulator Training”, Pilot Training”, “Flight Training”	Doğrudan pilot eğitimi sürecine odaklanan temel kavramlardır.
Destekleyici Kelimeler	“Airplane”, Commercial”, Cost”	Ticari hava araçları, sivil pilot eğitimi ve maliyet boyutunu içeren destekleyici anahtar kelimelerdir.
Hariç Tutma	“Virtual Reality”, “UAV”, “Drone”, “Helicopter”	Konu dışı alanlara ait ya da farklı disiplinlerde değerlendirilen, insanlı hava araçları dışındaki kavramlardır.

Bu doğrultuda, sistematik literatür taraması PRISMA ilkelerine uygun şekilde yürütülmüş; tanımlanan anahtar kelimelerle Google Scholar, Web of Science ve Scopus veri tabanlarında Ocak 2000 – Aralık 2024 tarih aralığını kapsayan çalışmalar incelenmiştir.

3.2.4. Kaynakların taranması ve ön incelenmesi

Arama stratejisi kapsamında belirlenen anahtar kelimeler doğrultusunda yürütülen literatür taraması sonucunda elde edilen çalışmalar; eğitim, maliyet, kariyer olmak üzere üç tematik başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu yaklaşım, uçuş simülatör-lerinin pilot eğitimi ve kariyer süreçlerindeki rolünü çok boyutlu ve bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmeye imkân tanıyan kuramsal bir zemin oluşturmuştur. PRISMA yaklaşımı doğrultu-sunda süreç aşağıdaki şekilde yürütülmüştür:

Çalışma, Şekil 3.1’de sunulan sistematik literatür taramasına yönelik, PRISMA akış diyagramında belirtilen iş akışı takip edilerek yürütülmüştür. Google Scholar veri tabanında yapılan taramalarda yaklaşık 12.010 sonuç elde edilmiştir. Ancak bu veri tabanının teknik kısıtları nedeniyle her aramada yalnızca ilk 100 sayfa (yaklaşık 1.000 sonuç) görüntülenebildiğinden, toplamda 3.000 sonuç manuel olarak incelenmiş ve 344 çalışma ön değerlendirmeye alınmıştır. Web of Science veri tabanında yapılan taramada 113 çalışma tespit edilmiş, bunlardan 21’i içerik ve uygunluk açısından değerlendirmeye alınmış, 92’si ise konu dışı veya tekrar eden içerikler olması nedeniyle hariç bırakılmıştır. Scopus veri tabanında ise 310 kaynak belirlenmiş, bunlardan 7’si çalışmaya dahil edilmiş, 303’ü benzer şekilde kapsam dışı kalmıştır.

Bu üç veri tabanında yapılan taramalarda toplamda 372 çalışma değerlendirmeye uygun bulunmuştur. Ancak bu yayınlardan 9’una erişim sağlanamamıştır. Geriye kalan çalışmalar başlık, özet ve tam metin düzeyinde incelenmiş; yapılan çeşitli eleme aşamaları (ilgili olmayan, tekrar edenler) sonucunda çalışma sayısı 112’ye düşürülmüştür.

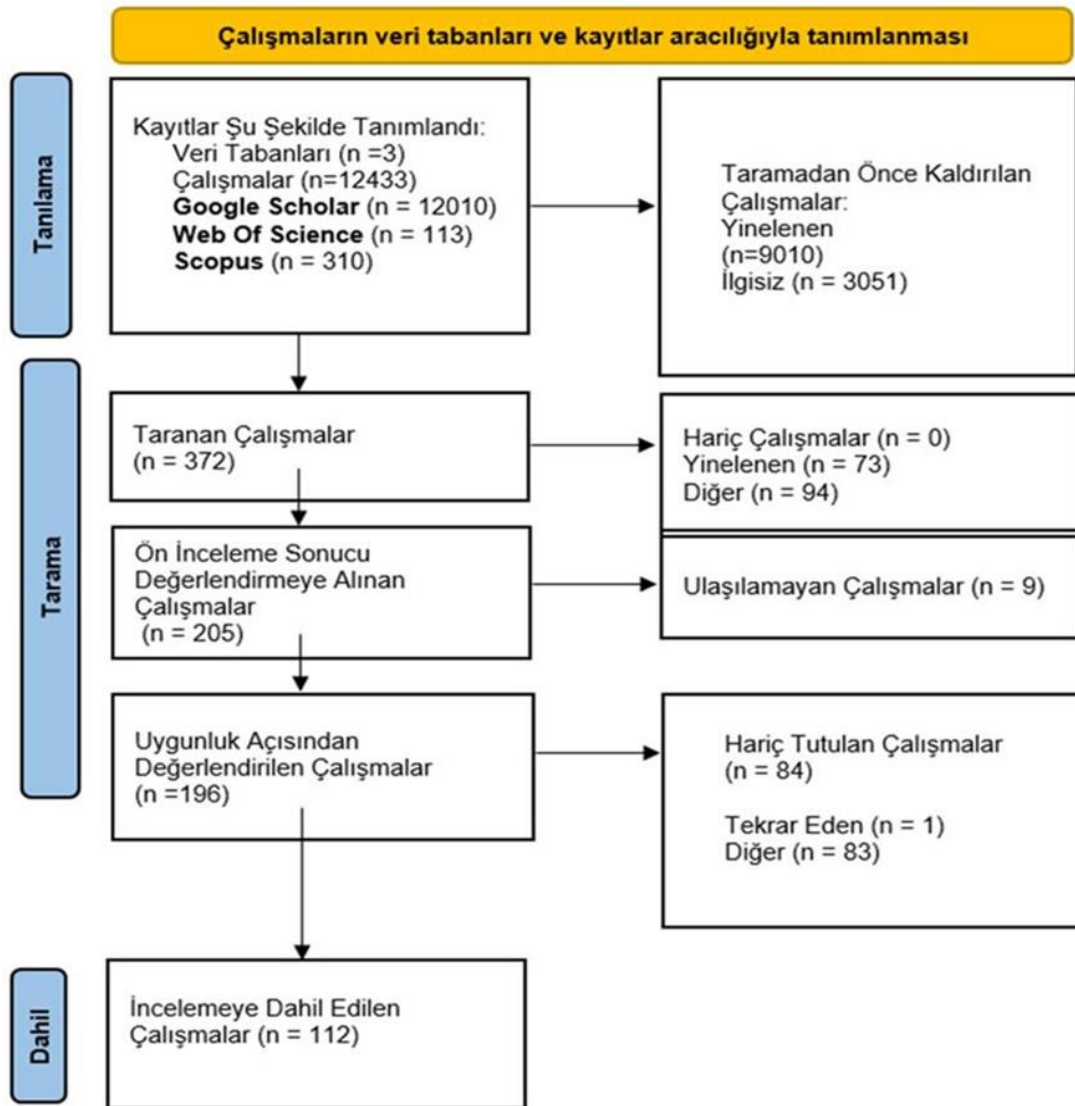
Sistematik literatür taraması ile belirlenen bu akademik kaynaklara ek olarak, bazı kavramların açıklanmasında literatürde yer almakla birlikte sistematik tarama kriterlerine dahil edilmeyen destekleyici nitelikteki akademik rapor, yönetmelik ve mevzuatlardan da yararlanılmıştır. Ancak bu kaynaklar PRISMA kapsamına dahil edilmemiştir.

Bu çalışma yalnızca yayımlanmış akademik kaynaklara dayalıdır; herhangi bir saha verisi toplanmamış, anket veya mülakat gibi nitel veri yöntemleri kullanılmamıştır. Ayrıca, farklı bir uzmanlık alanı gerektirdiği için askeri havacılık bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmış; yalnızca sivil ve ticari havacılık eğitimi odak noktası olarak ele alınmıştır. Bununla birlikte, insansız hava araçları (UAV) ve sanal gerçeklik (Virtual Reality) gibi alanlar da değerlendirme dışı tutulmuştur. İncelenen

kaynaklar yalnızca Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlanan çalışmalardan seçilmiş; diğer dillerdeki çalışmalar araştırmaya dahil edilmemiştir.

3.2.5. PRISMA Diyagramı ile sürecin görselleştirilmesi

Son olarak, yapılan çalışmadaki tüm süreçler PRISMA ilkelerine uygun biçimde bir diyagram aracılığıyla görselleştirilmiştir. Bu sayede, tarama süreci baştan sona sistematik bir şekilde ifade edilmiş ve tüm aşamalar daha anlaşılır hale getirilmiştir. Şekil 3.3'te, söz konusu süreci gösteren PRISMA akış diyagramına yer verilmiştir.



Şekil 3.3. Sistematik literatür taramasına ilişkin PRISMA akış diyagramı

3.2.6. Verilerin sistematik olarak çıkarılması

Yukarıda detaylıca bahsedilen dört sürecin sonunda elimizde kalmış olan 112 kaynak için sistematik veri çıkarımı yapılmıştır. Bu veri çıkarımı kapsamında her bir yayının yazar bilgisi, yayın yılı, ülke ve hangi konularla ilişkili olduğuna dair tema bilgisi analiz edilmiştir. Böylece yayınlar tematik analiz sürecine uygun hale getirilmiştir.

3.2.7. Tematik kodlama ve sentez

Bu aşamada yapılan sınıflandırma sonucunda, literatürde öne çıkan çalışmalar üç ana tema etrafında kümelenmiştir: maliyet, eğitim ve kariyer. Bu temalar, uçuş simülatör-lerinin hem eğitimsel hem de ekonomik boyutlarını ve pilotların mesleki gelişim sürecin-deki rollerini bütüncül biçimde yansıtmaktadır. Analiz edilen yayınlarda, temaların sıklıkla birbiriyle ilişkili biçimde ele alındığı, örneğin maliyet tartışmalarının eğitim etkinliğiyi da kariyer gelişimi bağlamında da değerlendirildiği görülmüştür.

Bu durum, araştırma alanındaki temel eğilimin temalar arası etkileşime dayandığını ve bazı alanlarda belirgin araştırma boşlukları bulunduğunu göstermektedir. Söz konusu üç ana tema, ilerleyen bulgular bölümünde ayrıntılı biçimde incelenecek ve literatürdeki genel eğilimler ile ilişkisel örüntüler üzerinden tartışılacaktır.

4. BULGULAR

Bu bölümde, sistematik literatür taraması kapsamında ulaşılan 112 kaynaktan elde edilen bulgular, daha önce belirlenen üç ana tema doğrultusunda analiz edilmiştir: maliyet, eğitim sürecindeki etkinlik, ve pilot ya da pilot adaylarının kariyer gelişimine etkisi.

Bununla birlikte, tarama sürecinde havacılık sektörünün ve simülatör temelli eğitimin çevresel etkilerine odaklanan az sayıda çalışmaya da rastlanmıştır. Bu çalışmalar, havacılık faaliyetlerinin yakıt tüketimi üzerinden oluşan çevresel etkilerini, çoğunlukla yakıt maliyetleri üzerinden ele almakta ve dolaylı olarak maliyet temasıyla ilişkilendirmektedir. Bu nedenle, çevresel etkilerle ilgili bulgular da maliyet başlığı altında değerlendirilmiştir.

Her bir tema altında toplanan bulgular sistematik biçimde sunulurken, uçuş simülatörlerine ilişkin bütüncül bir bakış açısı oluşturulmuştur. Aşağıda, her bir tema için literatürden elde edilen ortak yönelimler, ilişkiler ve mevcut araştırma boşlukları ayrıntılı olarak sunulmuştur.

4.1. Maliyet Teması

Literatürde simülatörlerin, özellikle geleneksel uçuş eğitimi yöntemlerine kıyasla sağladığı maliyet avantajlarına odaklanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, simülatörlerin edinim ve bakım maliyetlerinin ilk aşamada yüksek olduğunu, ancak uzun vadede gerçek uçuşlara göre ciddi oranda tasarruf sağladığını belirtmektedir. Özellikle ZFT gibi eğitim yöntemlerinin, maliyetleri düşürmede dikkat çeken uygulamalardan biridir.

Araştırma boşluğu açısından değerlendirildiğinde, literatürde ülkeler arası maliyet farklılıklarının sistematik şekilde karşılaştırıldığı çalışmalara çok az rastlanmaktadır. Ayrıca, yatırım geri dönüş süreleri, devlet teşviklerinin etkisi gibi konularda kapsamlı çalışmalar sınırlıdır.

4.2. Eğitim Teması

Eğitim teması altında incelenen çalışmalar, simülatörlerin uçuş eğitimindeki etkinliğini; psikomotor becerilerin kazandırılması, senaryo tabanlı eğitim yöntemleri, ve uçuş güvenliğine katkı açısından ele almaktadır. Simülatörlerin gerçek uçuşa geçmeden önce birçok eğitim ihtiyacını karşılayabildiği, eğitmen müdahalesi gereksinimini

azalttığı ve öğrenme sürecini hızlandırdığı tespit edilmiş, ancak bu alanda-ki yayınların büyük bölümü genel değerlendirmeler sunmaktadır.

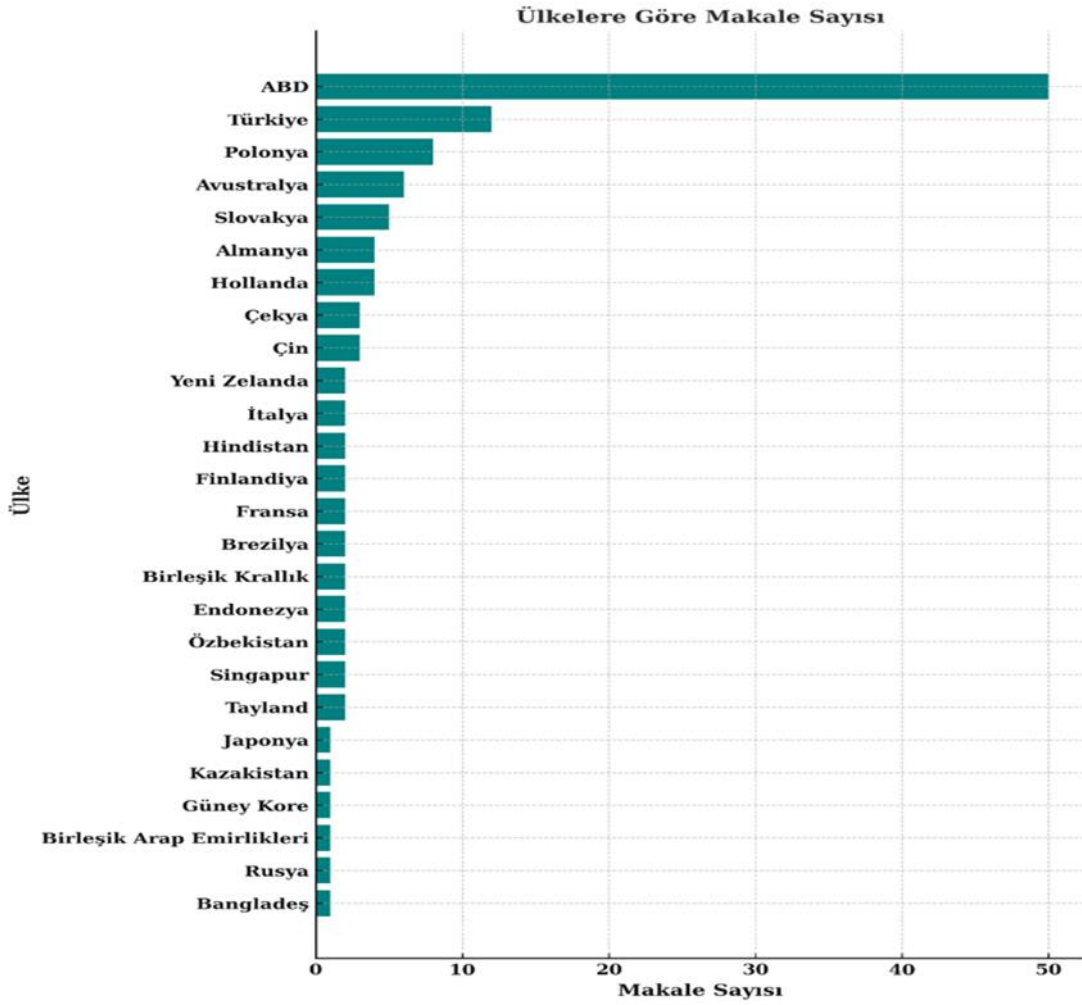
4.3. Kariyer Teması

Bu tema kapsamında, simülatör eğitiminin pilot adaylarının kariyer gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Simülatör tabanlı eğitimin adaylara daha fazla uçuş deneyimi kazandırdığı, kritik karar alma, stres yönetimi, ve operasyonel farkındalık gibi kariyer boyutunda önemli beceriler kazandırdığı saptanmıştır.

Ancak, kariyer gelişimi açısından simülatör eğitiminin etkisini uzun vadeli izlemlerle değerlendiren çalışmalar oldukça azdır. Ayrıca, simülatör eğitiminin motivasyon, psikolojik dayanıklılık ve mesleki bağlılık gibi nitel faktörler üzerindeki etkilerini irdeleyen araştırmaların eksik olduğu görülmektedir.

4.4. Yayınların Ülkelere Göre Dağılımı

Çalışma kapsamında incelenen yayınların ülkelere göre dağılımı, araştırma alanındaki bölgesel yoğunlukları ve bilimsel üretim farklılıklarını açık biçimde ortaya koymaktadır. Şekil 4.1’de incelenen yayınların ülkelere göre dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Literatür taramasına dahil edilen çalışmaların coğrafi dağılımı

Elde edilen verilere göre, ABD 50 yayımla diğer ülkelerin belirgin biçimde önünde yer almaktadır. Bu yüksek oranın temel nedenleri arasında, ülkenin geniş yüz ölçümüne bağlı olarak sahip olduğu geniş hava sahası ve bu sahada yürütülen çok yönlü uçuş faali-yetleri öne çıkmaktadır. Literatürde de sıkça vurgulandığı üzere, bu coğrafi unsur yalnızca fiziksel bir avantaj sağlamamakta, aynı zamanda havacılık eğitimi ve araştırma faaliyetlerinin çeşitlenmesine de zemin hazırlamaktadır.

ABD'nin farklı bölgelerinde yer alan çok sayıda özel uçuş okulu, havacılık programı sunan üniversite ve kolejler, ülke genelinde pilot eğitimine erişimi kolaylaştırmakta ve bu alandaki akademik üretkenliği artırmaktadır [10, 41].

Buna ek olarak, FAA gibi ulusal düzenleyici kurumların yalnızca ABD'de değil, küresel ölçekte de standart belirleyici veya referans otorite konumunda olması [36, 65], ülkenin havacılık araştırmalarındaki merkezi rolünü pekiştirmektedir. Bu etki, birçok

ülkenin kendi havacılık eğitim politikalarını şekillendirirken ABD merkezli düzenlemeleri ve metodolojileri temel almasına da yol açmaktadır. Ayrıca, bazı ülkelerde faaliyet gösteren havacılık kurumlarının, ABD'nin geniş hava sahası ve görece esnek düzenleyici yapısından yararlanmak amacıyla eğitimlerinin tamamını veya belirli bir bölümünü bu ülkede gerçekleştirmesi, uluslararası öğrenci hareketliliğini ve akademik iş birliklerini yoğunlaştırmaktadır.

Bu durum, ABD'yi havacılık eğitimi açısından küresel bir çekim merkezi hâline getirmiştir. Dolayısıyla uçuş simülatörleri, eğitim standartları ve pedagojik yaklaşımlar üzerine gerçekleştirilen uygulamalı ve kuramsal çalışmaların önemli bir bölümü ABD kaynaklıdır [10, 11]. Yayın sayısı bakımından ikinci sırada Türkiye yer almakta olup, özellikle son yıllarda hem havacılık genelinde hem de pilot eğitimi özelinde akademik ilginin belirgin biçimde arttığı gözlemlenmektedir. Üniversitelerin havacılık fakülteleri bünyesinde yürütülen yüksek lisans ve doktora tezleri, akademik projeler ve ulusal konferans bildirileri aracılığıyla, Türkiye'nin bu alana bölgesel düzeyde anlamlı katkılar sunduğu görülmektedir [4, 32, 58]. Orta düzeyde katkı sağlayan ülkeler arasında Polonya (8 yayın), Avustralya (6 yayın), Slovakya (5 yayın), Hollanda ve Almanya bulunmaktadır. Bu ülkelerdeki çalışmalar, örnek olay temelli araştırmalar, farklı eğitim modelleri ve uygulama yöntemleriyle literatüre hem nicel hem de nitel çeşitlilik kazandırmıştır.

Buna karşılık, daha sınırlı sayıda yayına sahip olan diğer ülkeler, alana kültürel ve kurumsal çeşitlilik kazandırmaları bakımından dikkat çekmektedir. Bu çeşitlilik, simülatör tabanlı eğitimin evrensel düzeyde nasıl uygulandığına ilişkin daha kapsamlı bir anlayışın oluşmasına katkı sağlamaktadır.

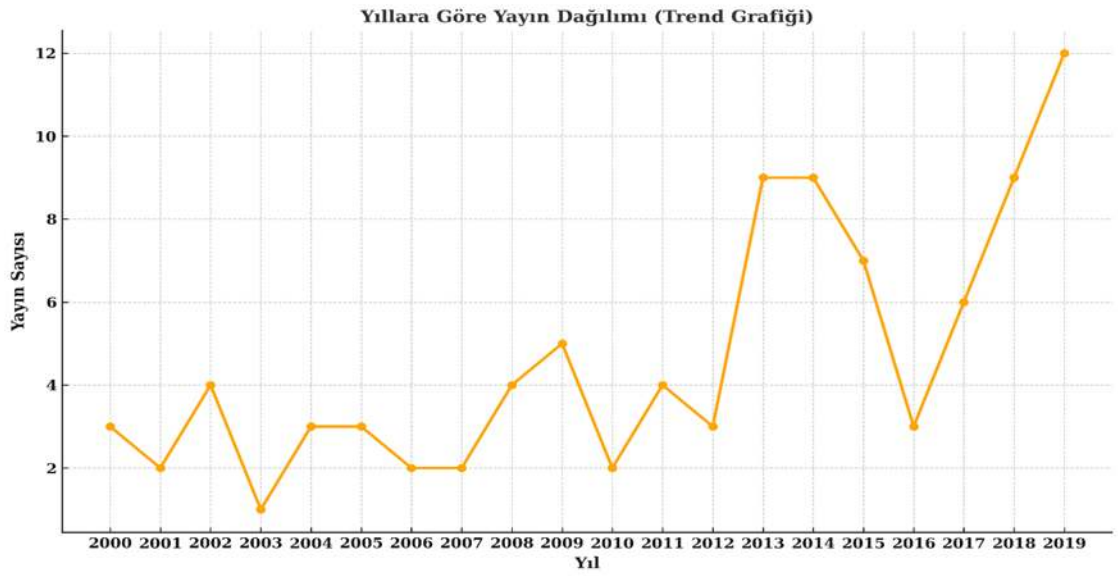
Genel olarak literatürdeki dağılım, simülasyon temelli araştırmaların ağırlıklı olarak havacılık sanayisi gelişmiş ülkeler tarafından yürütüldüğünü göstermektedir. Bununla birlikte, farklı coğrafyalardaki birçok ülkenin son yıllarda havacılık eğitimine ve simülasyon teknolojilerine artan bir ilgiyle yöneldiği de dikkat çekmektedir.

4.5. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Çalışma kapsamında yapılan analizler doğrultusunda, 2000–2010 yılları arasında çalışma konusuyla doğrudan ilişkili 20 yayına ulaşılmıştır. Buna karşılık, 2011–2024 yılları arasında ise 92 yayının yayımlandığı tespit edilmiştir. En fazla yayının yapıldığı

yıl ise 2024 yılı olmuş; bu yılda çalışmaya dahil edilen 12 çalışma bulunduğu belirlenmiştir.

Özellikle 2016–2023 yılları arasındaki döneme bakıldığında, her yıl en az 6 yayının literatüre kazandırıldığı görülmekte; bu da ilgili dönemde yayın yoğunluğunun dikkat çekici ölçüde arttığını göstermektedir. Çalışmada incelenen 112 yayının yıllara göre dağılımı ve yayın eğilimi Şekil 4.2’deki grafikte verilmiştir.



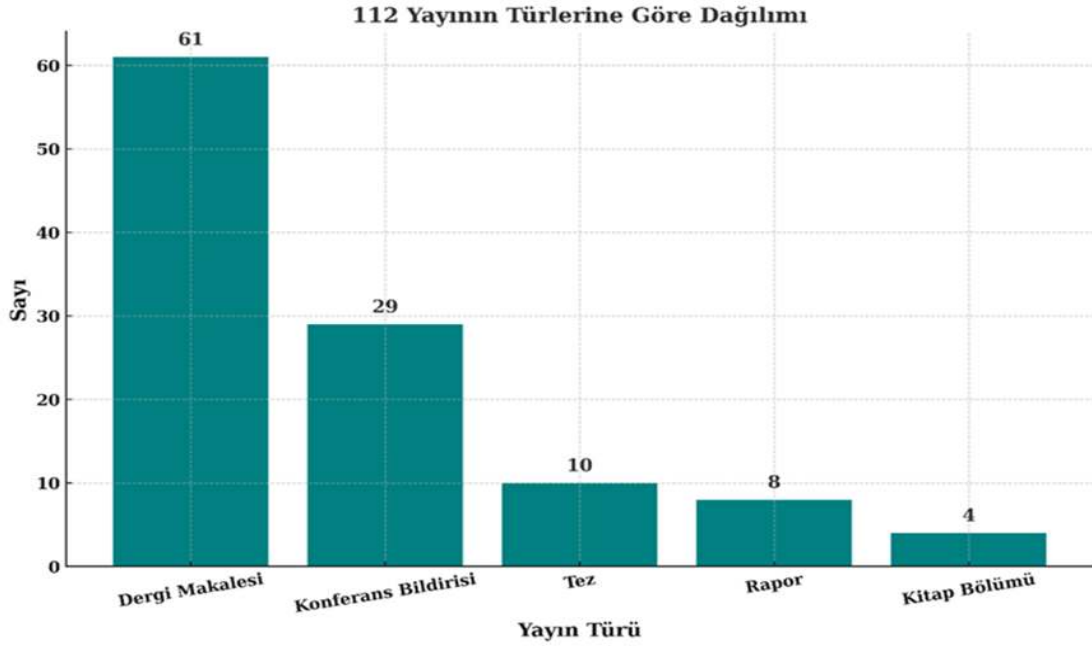
Şekil 4.2. 2000-2024 Yılları arasında yayınlanmış çalışmaların trend grafiği

Şekil 4.2’de sunulan eğilim incelendiğinde, yayın sayılarında özellikle 2010 sonrası dönemde belirgin bir artış eğilimi göze çarpmaktadır. 2000–2010 yılları arasında görece sınırlı sayıda çalışma yayımlanmışken, 2011’den konunun araştırmacılar tarafından daha yoğun biçimde ele alınmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle 2016–2023 yılları arasındaki sürekli üretkenlik, bu alandaki akademik ilgide istikrarlı bir yükselişi işaret etmektedir. 2024 yılının 12 yayın ile zirve noktasını oluşturması hem konunun güncelliğini hem de artan bilimsel ilginin somut göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu tablo, incelenen araştırma alanının zaman içerisinde giderek önem kazandığını ve güncel literatürde güçlü bir araştırma odağı haline geldiğini ortaya koymaktadır.

4.6. Yayın Türlerine Göre Dağılım

Çalışmanın niteliksel yapısını ortaya koyabilmek amacıyla, incelemeye dâhil edilen 112 yayın, türlerine göre analiz edilmiştir. Buna göre; 112 yayının 61’i dergi

makalesi, 29’u konferans bildirisi, 8’i rapor, 10’u tez, 4’ü ise çeşitli kitapların ilgili bölümlerinden oluşmaktadır. Bu dağılım grafiksel olarak Şekil 4.3’de sunulmuştur.



Şekil 4.3. İncelemeye dahil edilen çalışmaların türlere göre dağılımı

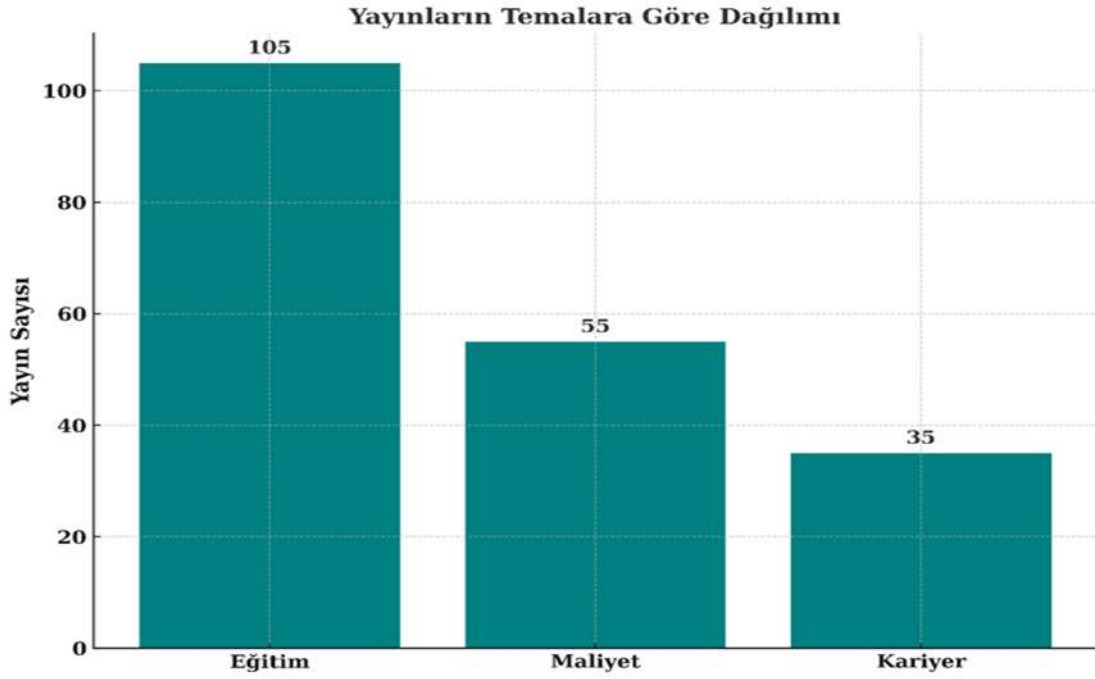
Bu bilgiler ışığında, dergi makalelerinin sayıca fazlalığı, simülâtör konulu araştırmaların büyük oranda akademik dergilerde yayımlandığını göstermektedir. Konferans bildirileri ise ikinci en yoğun yayın türü olarak öne çıkmakta; bu durum, çalışmanın odaklandığı konunun uygulamaya dönük yönleriyle teknik paylaşım ortamlarında da ilgi gördüğünü ortaya koymaktadır. Diğer yayın türleri (teknik rapor, yüksek lisans tezi, araştırma raporu vb.) ise toplam yayın sayısı içinde oldukça sınırlı bir paya sahiptir. Bu durum, simülâtör ve simülâtör tabanlı eğitimlerle ilgili olarak lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyinde daha fazla akademik çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

4.7. Tematik Kodlama ve Meta-Sentez Bulguları

Yapılan bu sınıflandırma sonucunda, çalışma konusuyla doğrudan ilişkili; maliyet, eğitim ve kariyer şeklinde üç ana tema belirlenmiş; her bir tema altında yer alan çalışmaların sayıları, ülkelere ve yıllara göre dağılımları tablo ve grafiklerle sunulmuştur.

Buna ek olarak, söz konusu 112 çalışmanın yayın türlerine göre (makale, bildiri, tez, rapor vb.) sınıflandırması da ayrı olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.4’te çalışmaya

dahil edilen 112 çalışmanın tematik dağılımı verilmiştir. Çalışma konusunun içeriği ile sıkı sıkıya bağlı olduğu düşünülen üç ana tema; maliyet, eğitim ve kariyer şeklindedir.



Şekil 4.4. İncelenen yayınların tematik dağılımı

Çalışma kapsamında dahil edilen 112 çalışmadan 55'i maliyet, 105'i eğitim ve 35'i kariyer temasına doğrudan değinmiştir. Maliyet temasının doğrudan ele alındığı çalışmalarda, pilot eğitim maliyetleri, simülatör başlangıç maliyetleri ve simülatör tabanlı eğitim ile gerçek uçuş ortamında gerçekleştirilen eğitimlerin maliyet karşılaştırması gibi somut mali veriler sunulmuştur. Eğitim temasının doğrudan ele alındığı çalışmalarda pilot eğitim metotları ile ilgili karşılaştırmalar, uçuş simülatörlerinin eğitimdeki etkinliği gibi konular ele alınmıştır. Kariyer temasının doğrudan ele alındığı çalışmalarda ise simülatör eğitiminin pilotların kariyerlerinin değişik aşamalarındaki etkinliği gibi konular ele alınmıştır. Çalışma kapsamında literatürde hangi alanların daha baskın olduğunu somutlaştırabilmek amacıyla şekil 4.5'te kelime bulutu verilmiştir.

Kelime bulutu incelendiğinde, çalışmanın merkezinde uçuş simülatörlerinin yer aldığı açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, simülatörlerin en yoğun şekilde pilot eğitimi bağlamında ele alındığı dikkat çekmektedir. Ayrıca, öğrenme temasının öne çıkması, simülatörlerin yalnızca teknik yönleriyle değil, aynı zamanda pedagojik boyutlarıyla da değerlendirildiğini göstermektedir.

Tablo 4.1. 2000–2024 yılları arasında en çok atıf alan 30 yayının listesi

Yayın Adı	Yayınlayan Kurum/Dergi	Atıf	Yıl	Tür
Best Practices in Pilot Selection [3]	SimTecT 2000 Proceedings	264	2000	Bildiri
Fidelity and validity of simulator training [82]	Theoretical Issues in Ergonomics Science	218	2009	Dergi
The effectiveness of airline pilot training for abnormal events [83]	Human Factors	191	2013	Dergi
Training pilots for unexpected events: A simulator study on the advantage of unpredictable and variable scenarios [84]	Human Factors	96	2018	Dergi
Flight simulator fidelity, training transfer, and the role of instructors in optimizing learning [85]	International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace	95	2018	Dergi
Simulator Fidelity Considerations For Training And Evaluation Of Today's Airline Pilots [86]	FAA	63	2001	Rapor
The Use of Simulation in Ab Initio Pilot Training [45]	The International Journal of Aviation Psychology	61	2016	Dergi
Simulation In Aviation Training [87]	Taylor & Francis – Aviation	48	2017	Kitap
Training Of Pilots Using Flight Simulator And Its Impact On Piloting Precision [51]	Transport Means. Juodkrantė: Kansas University of Technology	44	2016	Dergi
Efficacy of low-cost PC-based aviation training devices [23]	Journal of Information Technology Education: Research	41	2017	Dergi
Flight Simulation Training Devices: Application, Classification, And Research [25]	International Journal of Aeronautical and Space Sciences	36	2021	Dergi
Pilot Training In Our Time-Use Of Flight Training Devices And Simulators [56]	Taylor & Francis – Aviation	34	2008	Dergi

Tablo 4.1.(Devam) 2000–2024 yılları arasında en çok atıf alan 30 yayının listesi

Flight simulator as an essential device supporting the process of shaping pilot's situational awareness [41]	International Conference of Scientific Paper	28	2014	Bildiri
Effects Of Airline İndustry Growth On Pilot Training [43]	MAD – Magazine of Aviation Development	22	2018	Dergi
International Supply And Demand For Us Trained Commercial Airline Pilots [53]	Journal of Aviation Management and Education	22	2011	Dergi
How Can An Ab-İnitio Pilot Avert A Future Disaster: A Pedagogical Approach To Reduce The Likelihood Of Future Failure [75]	Journal of Aviation Research	21	2019	Dergi
Flight Simulation Devices İn Pilot Air Training [30]	Zeszyty Naukowe. Transport (Politechnika Śląska)	21	2018	Dergi
Implementation Of The Lto Cycle İn Flight Conditions Using Fnpt II Mcc Simulator [88]	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	20	2018	Bildiri
Manual Flying Skills Under The İnfluence Of Performance Shaping Factors [89]	Work (SAGE Publications)	20	2012	Dergi
Positive Effects of Combined Aircraft and Simulator Training on the Acquisition of Visual Flight Skills [90]	Cognitie, Creier, Comportament/Cognition, Brain, Behavior	20	2016	Dergi
Simulator Training İmproves Pilots' Procedural Memory And Generalization Of Behavior İn Critical Flight Situations [91]	Cognitie, Creier, Comportament / Cognition, Brain, Behavior	19	2016	Dergi
Using The Simulation Technique To İmprove Efficiency İn General Aviation [88]	AIP Conference Proceedings	19	2019	Bildiri
Ab Initio Flight Training: A Systematic Literature Review [77]	The International Journal of Aerospace Psychology	19	2023	Dergi
Transfer of training effectiveness of a flight training device (FTD) [52]	International Symposium on Aviation Psychology	18	2005	Bildiri

Tablo 4.1. (Devam) 2000–2024 yılları arasında en çok atıf alan 30 yayının listesi

Selected Information On Flight Simulators – Main Requirements, Categories And Their Development, Production And Using For Flight Crew Training In The Both Slovak Republic And Czech [32]	Incas Bulletin	17	2012	Dergi
An exploratory study of pilot training and recruitment in Europe [54]	International Journal of Aviation Science and Technology	16	2020	Dergi
Justification And Development Of Competencies To Transform A Collegiate Aviation Flight Program [48]	The Journal of Competency-Based Education	15	2020	Dergi
The Nature And Costs Of Civil Aviation Flight Training Safety Occurrences [92]	Transportation Engineering	14	2023	Dergi
Best evidence for the FAA Industry Training Standards (FITS) program for pilot training in technically advanced aircraft [9]	The Collegiate Aviation Review	13	2006	Dergi

Yüksek atıf sayısına sahip çalışmalar, simülatörlerin pilotaj doğruluğu ve uçuş güvenliğine katkısını vurgularken; son yıllarda yapılan araştırmalarda ayrıca maliyet ve ekolojik avantajların da ön plana çıktığı görülmektedir.

4.7.1. Simülatör teknolojisi ve maliyet ilişkisi

Pilot eğitimi, günümüzde uçak teknolojilerindeki gelişmeler ve uçuş operasyonlarının ekip temelli yürütülmesiyle birlikte daha karmaşık ve çok boyutlu bir

yapıya kavuşmuştur [56]. Bu durum, eğitim sürecinde daha fazla uzmanlık, zaman ve kaynak gereksinimini ortaya çıkarmakta; başarısızlıklar ise hem bireysel hem de kurumsal düzeyde ciddi maliyetlere yol açmaktadır [3, 54, 56, 82]. Nitekim çalışmaya dahil edilen 112 yayının 55'inde maliyet temasına doğrudan, 45'inde ise dolaylı biçimde yer verilmiştir. Bu tema genellikle eğitim süreci, teknolojik altyapı veya kariyer gelişimiyle birlikte ele alınmıştır [10, 53, 76, 93–97]. Çalışmada ise doğrudan maliyet temasını inceleyen kaynaklara öncelik verilmiştir.

Maliyet kavramı; simülatör yatırımları, işletme giderleri, uçuş öğrencilerinin eğitim harcamaları ve geleneksel uçuş eğitime kıyasla simülatör kullanımının sağladığı tasarruf gibi farklı boyutları kapsamaktadır. Havacılık eğitiminin yüksek maliyetli yapısı, pilotaj kariyerine yönelmek isteyen öğrencilerin motivasyonunu önemli ölçüde etkilemekte; bu nedenle birçok yayında maliyetleri hafifletmeye ve öğrenci başarısızlıklarını önlemeye yönelik öneriler ile müfredat değişiklikleri gündeme gelmektedir [3, 4, 27, 44, 54, 98, 99].

Uçuş eğitiminin yüksek maliyetleri ve hava sahası kısıtları nedeniyle bazı ülkeler, özellikle Çin örneğinde olduğu gibi, daha geniş hava sahasına ve gelişmiş eğitim altyapısına sahip ABD gibi ülkelerde pilotaj eğitimlerini gerçekleştirmektedir [10].

Avendaño ve Wilkins [100], Embry-Riddle Havacılık Üniversitesi örneğini inceleyerek dört yıllık pilotaj eğitiminin toplam maliyetinin 260.000 ABD dolarını aştığını ortaya koymuştur. Bu yüksek maliyet, pilot eğitiminin finansal erişilebilirliği konusundaki kaygıları artırmaktadır.

Mali tablo Türkiye açısından da benzer şekildedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)'nin resmî web sayfasında Türkiye'de ATPL lisansı almak isteyen pilot veya pilot adaylarının 845.640 TL dolayında bir ücret ödemeleri gerektiği ifade edilmiştir [101]. Tablo 4.2'de 2025 ÖSYM kılavuzundaki verilerden yararlanılarak pilotaj eğitimi veren kurumların yıllık fiyatlarını gösteren tablo verilmiştir [102].

Tablo 4.2. ÖSYM kılavuzunda yer alan üniversitelerin yıllık ücretleri [102]

Üniversite Adı	Bölüm	Ücret (TL)
Özyeğin Üniversitesi	Pilotaj	1.385.000,00
İstanbul Okan Üniversitesi	Pilotaj	921.690,00
Atılım Üniversitesi	Pilotaj	850.000,00

Tablo 4.2.(Devam) ÖSYM kılavuzunda yer alan üniversitelerin yıllık ücretleri [102]

Girne Üniversitesi	Pilotaj	837.823,00
Antalya Bilim Üniversitesi	Pilotaj	750.000,00
KTO Karatay Üniversitesi	Pilotaj	726.000,00
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi	Pilotaj	677.050,00
İstanbul Aydın Üniversitesi	Pilotaj	600.000,00
Girne Amerikan Üniversitesi	Pilotaj	456.100,00

Reweti ve ark. [23] ise simülatörlerde geçirilen her bir saatin, gerçek uçaklarla yapılan eğitime kıyasla daha düşük maliyetli olduğunu göstermiştir. Çalışmada ayrıca PCATD sınıfı simülatörlerin yaklaşık 20.000 NZ\$, FTD sınıfı simülatörlerin ise 500.000 NZ\$ seviyesinde olduğu belirtilmiş ve bu cihazların özellikle eğitim sürecinin ilk aşamalarında önemli ekonomik katkılar sağladığı vurgulanmıştır.

Benzer şekilde Kozuba ve Bondaruk [41], FNPT II sınıfı simülatörlerin maliyetinin yaklaşık 400.000 € civarında olduğunu aktarmıştır. Brady [103] ise Cessna 172 modeline ait bir simülatörün 379.000 \$ değerinde olduğunu, aynı modelin eğitim uçağının ise yaklaşık 200.000 \$ seviyesinde olduğunu belirterek, simülatör ve uçak maliyetleri arasındaki farklılıklara dikkat çekmiştir.

Simülatörlerin ilk yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte, gerçek uçuş eğitimleriyle kıyaslandığında uzun vadede ciddi tasarruf sağladığı görülmektedir[14]. Lazic ve ark. [46], yaptıkları çalışmada bir saatlik gerçek uçuş maliyetinin ortalama 400 € civarında olduğunu; simülatör ortamında aynı sürede verilen eğitimin ise 50–100 € arasında değiştiğini belirtmiştir.

Benzer şekilde Dekker ve ark.[8], düşük sadakat seviyesine sahip simülatörlerin dahi düşük maliyetli olmaları sayesinde erişilebilirliği artırdığını ve fırsat eşitliğine katkı sunduğunu ifade etmişlerdir.

Lubner ve ark.[103–105] tarafından yürütülen üç ardışık çalışmada, simülatör temelli eğitimin geleneksel yöntemlere kıyasla daha kısa sürede tamamlandığı gösterilmiştir. Özel pilot lisansı eğitiminde simülatör tabanlı eğitim alan öğrencilerin

lisans alma süresi ortalama 46 saat iken, geleneksel eğitimde bu süre 76 saate kadar çıkmıştır.

İlk çalışmada Lubner ve ark.[103], 55 öğrenciden oluşan örneklem grubunda 13 öğrenciye yoğun simülatör tabanlı eğitim vermiş, diğerlerini ise geleneksel programla eğitmiştir. Sonuçlar, simülatör eğitimi alan öğrencilerin toplam eğitim süresinin anlamlı biçimde kısaldığını ortaya koymuştur. Daha sonra yapılan iki ek çalışmada da benzer bulgular elde edilmiştir

Prayitno ve ark.[93], simülatörlerin öğrencilerin eksik becerilerini tamamlamada etkili olduğunu ve bu sayede düşük maliyetle yüksek nitelikli çıktılar sağladığını vurgulamıştır.

Ayrıca Bombardelli ve ark.[106], simülatörlerin mali avantajlarının kullanım biçimine göre değişebileceğini öne sürmüştür; FTD sınıfı simülatörlerin, belirli eğitim aşamalarında FFS yerine kullanılmasının maliyetleri düşürebileceğini ifade etmiştir. Ayrıca FAA ve EASA gibi düzenleyici otoriteler de uçuş eğitiminin maliyet ve güvenlik açısından optimize edilmesine yönelik çeşitli düzenlemeler getirmiştir [40]

Bu bağlamda Kozuba ve Bondaruk [40], EASA düzenlemelerine IFR eğitimi alan pilotların, 55 saat olarak tanımlanan eğitimin 40 saatini FNPT II sınıfı simülatörlerde tamamlayabileceklerini belirtmiştir

Possebon ve ark. [7] senaryo tabanlı eğitim uygulamalarının pilot eğitimine entegrasyonu sayesinde öğrenciler ve eğitim kurumları üzerindeki mali yükün %20–25 oranında azalabileceğini ileri sürmüştür.

Benzer biçimde Nowak ve ark.[87], 2018 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, havacılık sektörünün giderek büyüyen yapısını ve bunun sonucunda ortaya çıkan emisyon problemini ele almışlardır. Çalışmada, Airbus verilerine dayanarak hava trafiğinin her 15 yılda iki katına çıkacağı öngörüsünden hareketle, bu artışın yakıt tüketiminde ve buna bağlı egzoz emisyonlarında ciddi bir yükselişe yol açacağı belirtilmiştir. Artan hava trafiği nedeniyle oluşan bu çevresel yükte, havacılık eğitimi veren kurumların da önemli bir payı bulunduğu vurgulanmaktadır [57].

Nitekim Wahyu ve ark.[107] ise Endonezya’da 2021–2023 döneminde uçuş okullarının yıllık karbon salınımının 8000 tona ulaşabileceğini tespit etmiş; simülatör entegrasyonu sayesinde hem yakıt tüketiminin hem de çevresel etkinin belirgin ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Literatürden elde edilen bulgular, simülatör eğitiminin pilot eğitiminin her aşamasında kullanıldığını ve bu sayede güvenli bir öğrenme ortamının yanı sıra önemli mali avantajlar sağladığını ortaya koymaktadır.

SHGM Uçuş Ekibi Lisanslandırma Talimatı (SHT-FCL) tarafından yapılan düzenlemelere göre Özel Pilot Lisansı (Private Pilot Licence - PPL(A)) kapsamında asgari 45 saatlik uçuş eğitimi alınması gereklidir[109]. Bu sürenin en fazla 5 saatinin, FSTD’de gerçekleştirilebilmesine izin verilmekte; geri kalan kısmı ise gerçek uçuş ortamında gerçekleştirilmektedir. Literatürde simülatör eğitime ilişkin saatlik maliyetlerin 50–100 euro aralığında değiştiği ifade edilmiş olup söz konusu fiyat aralığı ortalama 75 euro olarak alınmıştır[45]. Bu kapsamda eğitimlerin tamamının gerçek uçuş ortamında tatbik edildiği düşünüldüğünde PPL(A) eğitiminin toplam maliyetinin yaklaşık 18.000 Euro olduğu görülmektedir. SHT-FCL’de belirtilen azami simülatör kullanımı ile bu maliyetin 16.375 euro’ya düştüğü ve bu düşüşünde yaklaşık %9 oranında maliyeti azalttığı görülmüştür. (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. SHT-FCL Kapsamında simülatör entegrasyonunun maliyet etkisi

Eğitim / Lisans Türü	Tamamı Gerçek Uçuş Senaryosu (€)	Simülatör Entegre Senaryo (€)	Yaklaşık Maliyet Farkı (€)	Yaklaşık Maliyet Azalışı
PPL(A)	18.000	16.375	1.625	≈ %9
ATP(A) Entegre	78.000	55.250	22.750	≈ %29

Bu duruma ATP (A) Entegre eğitimi açısından bakıldığında SHT-FCL düzenlemeleri uyarınca, tip yetkisi eğitimi hariç tutularak en az 195 saatlik bir uçuş eğitimi alınması gereklidir. SHT-FCL’nin aletli uçuş eğitimi için en fazla 55 saatlik yer tabanlı eğitim süresine ve MCC eğitimi için ise 15 saatlik simülatör eğitime izin verilmektedir. Buna göre, ATP (A) Entegre eğitiminin gerçek uçuş ortamındaki toplam maliyetinin 78.000 euro olduğu bunun SHT-FCL’nin öngördüğü simülatör saati ile birlikte yapıldığında bu maliyetin 55.250 euro’ya düştüğü ve bu düşüşün maliyeti yaklaşık %29 oranında azalttığı görülmüştür. Bu veriler tablo 4.3’te gösterilmiştir.

Ancak, simülatör teknolojisinin gerçek uçuş eğitimine kıyasla daha ekonomik olmasına rağmen, bu cihazların temini ve işletimi eğitim kurumları için ciddi bir mali yük oluşturmaktadır.

Söz konusu maliyetler doğrudan öğrencilere yansımakta; bu durum ise öğrencilerin motivasyonunu düşürmekte, kimi zaman eğitime başlamalarını engellemekte ya da süreci yarıda bırakmalarına neden olmaktadır. Sonuç olarak, hem küresel ölçekteki pilot açığı derinleşmekte hem de havacılık sektörü üzerindeki mali baskı giderek artmaktadır. Bu nedenle literatürde, söz konusu mali yükü azaltmaya yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bunlar arasında, pilot eğitiminin belirli aşamalarında yüksek nitelikli simülatörlerin yerine daha düşük seviyeli simülatörlerin ikame edilmesi ve havacılık eğitimi veren bazı üniversitelerde düşük maliyetli simülatörlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar öne çıkmaktadır[110, 111].

4.7.2. Simülatör teknolojisinin eğitimdeki etkinliği

Eğitim konusu, sistematik literatür taramasına dâhil edilen 112 yayının 110'u eğitim temasına değinmiştir. Bu yayınların 105'inde doğrudan ele alınmış, 5'inde ise dolaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmada doğrudan eğitim temasını ele alan kaynaklara yoğunlaşılmıştır. Bu oran, pilot eğitiminde simülatör kullanımının literatürde geniş ve ayrıntılı biçimde araştırıldığını göstermektedir. Çalışmaların önemli bir kısmında, teknolojik ilerlemelere rağmen insan hatasına bağlı kazaların belirgin biçimde azalmasının sağlanamadığı vurgulanmış; bu durum, mevcut eğitim uygulamalarının yetersizliği ile ilişkilendirilmiştir [84]. Bu bağlamda pek çok yayında eğitim müfredatlarının yeniden gözden geçirilmesi gerektiği belirtilmiş, önerilen değişikliklere yönelik farklı çözüm stratejileri ve pedagojik yaklaşımlar tartışılmıştır [25, 86]. Ayrıca havacılık otoritelerinin öncülüğünde yürütülen müfredat güncellemeleri ve projelere de atıfta bulunulmuştur [1, 4, 5, 13, 37, 40, 51, 54, 75, 112–114]. İlgili yayın-larda ayrıca, insan hatalarının havacılık kazalarındaki payına dikkat çekilmiş, simül-atör tabanlı eğitime dikkat çekilerek, çeşitli kaza örneklerine değinilmiştir [15–17, 20, 82, 103, 115].

Aleksandrovich [116], pilot eğitiminin temel amacının emniyetli uçuş operasyonlarının sağlanması olduğunu ifade etmiş; eğitimin teorik ve pratik olmak üzere iki aşamalı bir süreçten oluştuğunu aktarmıştır. Yazar, özellikle ilk aşamada simülatör temelli uygulamaların ön planda olduğunu ve bu uygulamaların pilot adaylarının teknik becerilerinin gelişimine önemli katkılar sunduğunu vurgulamıştır.

Doolittle [15], çalışmasında 12 Şubat 2009'da meydana gelen Colgan Airlines 3407 kazasına değinmiş; pilotların aerodinamik durma (stall) karşısında doğru tepki verememelerinin kazada kritik rol oynadığını belirtmiştir. Yazar, bu olayın ardından pilot eğitime yönelik düzenlemelerde önemli değişiklikler yapıldığını, özellikle ATP sertifikası için gerekli uçuş saatlerinin artırıldığını vurgulamıştır.

Bu bulgular, eğitim temasının literatürde yalnızca en sık ele alınan başlık olmak-la kalmayıp, aynı zamanda diğer tematik alanlarla en güçlü şekilde ilişkilendirilen konu olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim birçok çalışmada, pilot eğitiminde kullanılan yöntem ve yaklaşımlar ayrıntılı biçimde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Graham [6], çalışmasında özel pilot sertifikası eğitime odaklanmış ve bu eğitimin genellikle bir buçuk yarıyıl sürdüğünü belirtmiştir. Yazar, geleneksel eğitim yöntemlerinde yapılacak bazı pedagojik düzenlemelerin bu süreyi kısaltabileceğine dikkat çekmiş; özellikle işbirlikçi öğrenme yaklaşımının, yani öğrencilerin eğitim sürecinde birbirleriyle aktif etkileşim kurmalarının, bireysel öğrenim modeline kıyasla daha verimli sonuçlar doğurduğunu vurgulamıştır. Bu etkileşim temelli yöntemin, özel pilot sertifikası eğitiminde gerekli süreyi azaltarak süreci daha etkin ve optimize bir hale getirebileceği ifade edilmiştir.

Günümüzde ise havacılık otoriteleri, pilot eğitiminin standardizasyonunu sağlamak amacıyla çeşitli düzenlemeler yürürlüğe koymaktadır. Bu bağlamda, FAA tarafından yayımlanan Federal Havacılık Yönetmeliklerinin (Code of Federal Regulations – CFR) 14. Başlığı altında yer alan Kısım 141 – Pilot Okulları düzenlemesi öne çıkan yasal çerçevelerden biri olmuştur.

Arch [117], cam kokpit, gelişmiş simülasyon sistemleri ve sentetik görüş gibi teknolojik ilerlemelerin yeni eğitim standartlarının oluşturulmasını zorunlu kıldığını belirtmiştir. Ayrıca, Üniversiteler Havacılık Birliği'ne (University Aviation Association – UAA) bağlı havacılık kurumlarında günümüzde kullanılan uçakların %60'tan fazlasının Teknolojik Olarak Gelişmiş Uçaklar (Technologically Advanced Aircraft – TAA) olduğunu ifade ederek bu durumu somut bir örnekle desteklemiştir. Yazar, aynı çalışmada bu yeni standartların uçuş simülasyon teknolojileriyle bütünleşmesi halinde hem uçuş eğitiminin verimliliğinin artırılabilirliğini hem de eğitim maliyetlerinin azaltılabileceğini vurgulamıştır.

Bu bağlamda, literatürde öne çıkan uygulamalardan biri gerçekçi senaryolar ve olağandışı durumlar üzerinden yapılandırılan SBT modelidir [88]. FAA bu eğitim yak-

laşımını ve teknolojik yenilikleri temel alarak FAA Endüstri Eğitim Standartları (FAA Industry Training Standards – FITS) programını geliştirmiştir [39]. İlgili çalışmalarda, öğrencilerin bu eğitim modeli sayesinde daha az aksaklık yaşadığı ve bunun %9 oranında maliyet tasarrufu sağladığı belirtilmiştir [9].

Dornan ve ark. [9] yürüttükleri çalışmada söz konusu programın pilot eğitiminde minimum uçuş saati zorunluluğunu ortadan kaldırdığını ve bunun yerine yeterliliğe dayalı bir yaklaşımın esas alındığını belirtmişlerdir.

Gleb ve ark.[2] çalışmalarında karar verme becerisi ile durumsal farkındalığın havacılık açısından kritik unsurlar olduğunu vurgulamış; ancak geleneksel eğitim programlarının bu alanlarda yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Araştırmada, günümüzde gerçekleşen birçok havacılık kazasının temelinde bu eksikliklerin bulunduğu ileri sürülmüştür.

Ayrıca, bu boşlukların giderilmesi amacıyla SBT yaklaşımının önemine dikkat çekilmiş; fakat eğitim müfredatlarında bu yöntemin yeterince yaygınlaşmadığı ifade edilmiştir. Yazarlar, SBT'nin daha etkin uygulanması hâlinde pilotların karar verme ve durumsal farkındalık becerilerinde kayda değer bir gelişme sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır [2].

Gleb [2] ve Broach ve ark. [3] gibi yazarlar bu kapsamda Senaryo Tabanlı Etkili Risk Yönetimi Yaklaşımı (Scenario-based Approach for Effective Risk Management – SAFER) adı verilen bir eğitim modeline değinmişlerdir.

Bu modelin, SBT metodolojisini sistematik bir çerçeveye oturtarak bu yaklaşımın yalnızca teknik becerileri değil karar verme gibi bilişsel davranışları da geliştirdiği ifade edilmiştir [24]. Çalışmada, geleneksel yöntemlerle ortalama 134 saat süren eğitimin, SAFER yaklaşımıyla yaklaşık 89 saate indirilebildiği; bu süredeki azalmanın ise yaklaşık 6000 dolarlık maliyet tasarrufu sağladığı aktarılmıştır (akt. Pendleton, 2014). [2].

Herchko [16]'nın araştırmasında elde edilen bulgular, yüksek uçuş saati gereksiniminin pilot başarısı üzerinde doğrudan ve belirleyici bir etki oluşturmadığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, pilot eğitimindeki başarının yalnızca uçuş süresiyle açıklanamayacağını; asıl etkinin kullanılan eğitim yöntemlerinin niteliğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu ve buna benzer çalışmalarda, hedef odaklı, iyi yapılandırılmış ve pedagojik açıdan güçlü eğitim yaklaşımlarının, sınırlı uçuş saatlerinde dahi daha verimli öğrenme çıktıları sağlayabileceği vurgulanmaktadır [34].

Koglbauer [91], Dolzhenko ve ark.[63] çalışmalarında etkili eğitim metotları ile uygun simülatörlerden oluşan entegre bir eğitim yaklaşımının pilotlara gerekli olan bilgi beceriyi sağlayabileceğini ifade etmişlerdir.

Possebon ve ark.[7] çalışmalarında SBT'nin başlangıç düzeyindeki uçuş eğitime entegrasyonunu ele almıştır. Araştırmada, teknolojik gelişmeler doğrultusunda geleneksel manevra temelli eğitim yaklaşımının yetersiz kaldığı ileri sürülmüş; yalnızca belirli manevralara odaklanan bu yöntemin, gelişmiş simülatör teknolojileri ile uçuş görevlerine dayalı senaryo tabanlı eğitime dönüştürülmesinin daha uygun olacağı savunulmuştur.

SBT'nin etkinliğini ölçmek amacıyla FNPT II sınıfı bir simülatör kullanılmış ve bu simülatör aracılığıyla oluşturulan senaryolar öğrencilere uygulanmıştır. Eğitim sürecinin ardından gerçekleştirilen gerçek uçuşlarla, öğrencilerin senaryo tabanlı süreçte edindikleri bilgi ve becerileri operasyonel ortama ne ölçüde aktarabildikleri test edilmiştir. Çalışma, önceden tanımlanmış 10 görev senaryosu üzerinden yürütülmüş; eğitmenler, hazırladıkları kontrol dokümanları aracılığıyla öğrencilerin performanslarını sistematik biçimde değerlendirmiştir. Bulgular, SBT'nin simülatör ile gerçek uçuşun bütünsel biçimde uygulanmasının öğrencilerin bilgi, beceri ve tutumlarında anlamlı ve olumlu gelişmeler sağladığını göstermiştir [7].

Yazarlar, elde edilen bulguları istatistiksel verilerle desteklemiş; geleneksel eğitim yöntemleriyle karşılaştırıldığında görev tamamlama süresinde %17'lik bir azalma, eğitmen müdahalesi gereksiniminde belirgin bir düşüş, öngörülemeyen hatalarda yaklaşık %28 oranında azalma ve öğrencilerin motivasyon düzeylerinde dikkate değer bir artış sağlandığını rapor etmişlerdir. [7]. Tablo 4.4'te Possebon ve arkadaşlarının çalışmasında elde edilen sonuçlar tablolastırılmıştır.

Buna benzer olarak Dattel ve ark. [104–106], ardışık olarak yapmış oldukları üç çalışmada yoğun simülatör tabanlı eğitimin faydalarına değinerek, simülatör eğitiminin eğitim süresini kısaltma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Koglbauer ve Braunstingl [90] ise simülatör eğitimi ile ilgili olarak, gerçek uçuş eğitimi ile simülatör tabanlı eğitimin birleştirilmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, bahsedilen entegre eğitim metodunun sadece gerçek uçuş ortamında eğitim alan öğrencilere göre daha az tekrara ihtiyaç duyduğunu ifade etmişlerdir.

Tablo 4.4. Geleneksel eğitim ve senaryo tabanlı eğitimin karşılaştırılması

Kriter	Geleneksel Eğitim (Manevra Tabanlı)	Senaryo Tabanlı Eğitim (SBT)
Eğitim Yaklaşımı	Tekil manevra ve prosedür odaklı	Gerçek görev senaryolarına dayalı
Görev Tamamlama Süresi	Uzun (ortalama %17 daha fazla)	Daha kısa ve etkin
Eğitmen Müdahale Sıklığı	Yüksek	Belirgin düzeyde azalmış
Öngörülemeyen Hata Oranı	Düşük/Orta	Yüksek
Bilgi ve Beceri Transferi	Düşük	Simülatörden uçuşa yüksek aktarım
Eğitimde Kullanılan Teknoloji	Az/orta düzey simülatörler	FNPT II sınıfı simülatör
Eğitmen Kontrolü / Geri Bildirim	Kısıtlı kontrol formları	Kontrol dokümanları ile sistematik

Pilot eğitiminin tarihi I. Dünya Savaşı yıllarına kadar uzanmaktadır. Bu süreçten günümüze kadar geçen dönemde, eğitim alanında standardizasyon çalışmalarının aralıksız biçimde sürdüğü görülmektedir [56, 113]. Teknolojik ilerlemelere paralel olarak simülasyon cihazları da gelişim göstermiş ve aynı paralellikte bu cihazlar ile ilgili yasal düzenlemelerde değişiklik göstermektedir [61, 118, 119].

Havacılık endüstrisinin canlı ve küresel yapısı nedeniyle, bu alanda faaliyet gösteren ülkeler uluslararası (ICAO, EASA) ve ulusal (FAA) otoritelerin düzenlemelerine uyum sağlamak durumundadır. Böylelikle sektörde belirli bir standardizasyonun yakalanması ve eğitim süreçlerinin ortak bir çerçeveye oturtulması hedeflenmektedir [28, 49, 98, 120–123].

Literatürde öne çıkan bir diğer eğitim yaklaşımı, ICAO tarafından geliştirilip EASA düzenlemeleriyle uygulamaya geçirilen Yetkinlik Temelli Eğitim ve Değerlendirme (Competency-Based Training and Assessment – CBTA) modelidir. Amornpipat [98] bu modelin amacını, pilotların görev ve sorumluluklarını etkili biçimde yerine getirmelerini sağlamak ve bu doğrultuda bilgi ile becerilerini geliştirmek olarak ifade etmiştir.

IATA [124] tarafından yayımlanan belgede ve Tuhkala ve ark.[125] çalışmasında, CBTA yaklaşımının pilot eğitiminin, mürettebat kaynak yönetimi de dahil olmak üzere tüm aşamalarında uygulanabilir olduğu vurgulanmış; EASA tarafından tanımlanan bu yaklaşımın, geleneksel eğitimden farklı olarak pilotların yalnızca belirli durumları tekrar etmeleri yerine, genel yetkinliklerinin geliştirilmesini ve ölçülmesini hedeflediği belirtilmiştir.

Pilot eğitimi literatüründe öne çıkan hususlardan biri, uçuş operasyonlarının güvenliğinin ekip çalışmasına dayalı olmasıdır. Bu doğrultuda Hüseyinklioğlu [76], yardımcı pilotun, kaptan pilotun yedeği olarak görülmemesi gerektiğini, her iki pilotun da görev paylaşımı yaparak operasyonun emniyetini birlikte sağladığını ifade etmiştir. Böylece çalışmada, uçuş emniyetinin temelinde ekip uyumunun bulunduğu dolaylı biçimde ortaya konmuştur.

Sun ve ark. [126] ise, geleneksel eğitim metodunda tekrar esasına dayalı uygulamaların teknolojik gelişmeler karşısında yetersiz kaldığını ifade etmiş ve CBTA'nın pilotlara kazandırmayı amaçladığı dokuz temel özelliği şu şekilde sıralamıştır:

- Edinilen bilginin uçuş operasyonlarında uygulanması
- Uçuş prosedürlerinin etkin biçimde uygulanması
- Uçak otomasyon sistemlerinin yönetimi
- Manuel uçuş kontrolünde yetkinlik
- Ekip iş birliği
- İş yükü yönetimi
- Karar verme ve problem çözme becerileri
- Durumsal farkındalık
- Bilgi yönetimi

Yazarlar ayrıca, geleneksel yaklaşımda eğitmen değerlendirmelerinin büyük ölçüde öznel olduğuna ve bu durumun eğitim sürecini olumsuz etkilediğine dikkat

çekmişlerdir. Havacılık sektörü, dinamik ve sürekli değişen yapısı nedeniyle sürekli yenilenmeye ihtiyaç duyan bir alandır [8, 31]. Bu bağlamda pilot eğitimi, yalnızca öğrencilerin temel eğitimlerini tamamlayarak mesleğe başlamalarıyla sınırlı bir süreç değildir; aksine, gelişen teknolojiye paralel olarak sürekli güncellenmesi gereken, canlı ve süreklilik arz eden bir eğitim süreci olarak ele alınmaktadır [41].

Pilotların kariyerlerinin farklı aşamalarında mevcut bilgilerini tazelemeleri ve yeni bilgi, beceri kazanmaları amacıyla yeniden eğitim almaları, emniyetli ve etkin uçuş operasyonlarının sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşımaktadır [32, 127]. Bu kapsamda simülatör tabanlı eğitim pilotların eğitimlerini risksiz ortamda yapabilmeleri ve eğitimlerin değerlendirme sürecinde kritik bir öneme sahiptir [30, 45, 46, 58, 85, 128, 129].

Catton [42] ve Haslbeck ve ark.[89] benzer nitelikteki çalışmalarında pilotların meslek yaşamlarının belirli aşamalarında uygulanan tekrarlayan (yenileme) eğitimlerin önemine dikkat çekmiştir. Yazarlar, pilotların nadiren kullandıkları ya da uzun süre uygulamadıkları bilgi ve becerilerin zamanla körelebileceğini, bu nedenle düzenli olarak verilen yenileme eğitimlerinin kritik bir işlev üstlendiğini vurgulamıştır. Catton [42] çalışmasında ayrıca, tekrarlayan eğitim uygulamalarının 1974 yılından itibaren yürürlüğe girdiği belirtilmiş ve bu doğrultuda FAA gibi düzenleyici otoritelerin, pilotların belirli aralıklarla performans değerlendirmelerinden geçmesini zorunlu kılan yasal düzenlemeler getirdiği ifade edilmiştir.

Bu bağlamda Balcerzak ve Kostur [14], simülatörlerin avantaj ve dezavantajlarını inceledikleri çalışmalarında, teknolojik gelişmelerin pilotların tekrarlayan eğitimlerini gerçek uçuşlara ihtiyaç duymaksızın simülatörler aracılığıyla gerçekleştirmelerine imkân tanıdığını belirtmiştir. Yazarlar, modern simülatörlerin sunduğu güvenli ve kontrollü ortamın, bilgi ve becerilerin tazelenmesi sürecini hem maliyet açısından daha verimli hâle getirdiğini hem de operasyonel riskleri önemli ölçüde azalttığını vurgulamışlardır.

Litretürde havacılık sektörü ile ilgili pek çok kaynak doğrudan veya dolaylı olarak havacılık sektörünün hızlı büyümesine atıf yapılmaktadır. Rizvi ve ark.[130] pilot eğitiminin çevresel etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada havacılık sektörünün karbon salınım oranının artış gösterdiğini ifade etmiş ve bu sektördeki büyümeyi dolaylı olarak ifade etmiştir.

Pilot eğitiminin kritik öneme sahip olmasının nedenlerinden biri, geleneksel eğitim sistemlerinin artan nüfus ve büyüyen havayolu endüstrisinin ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmasıdır [94]. Literatürde pek çok çalışmada, gelecek dönemde duyulacak pilot ihtiyacına ilişkin çeşitli tahminler yapılmış ve bu durumun havacılık sektöründe önemli bir sorun oluşturacağı vurgulanmıştır [3, 11, 22, 35, 44, 47, 48, 53, 76, 92, 131].

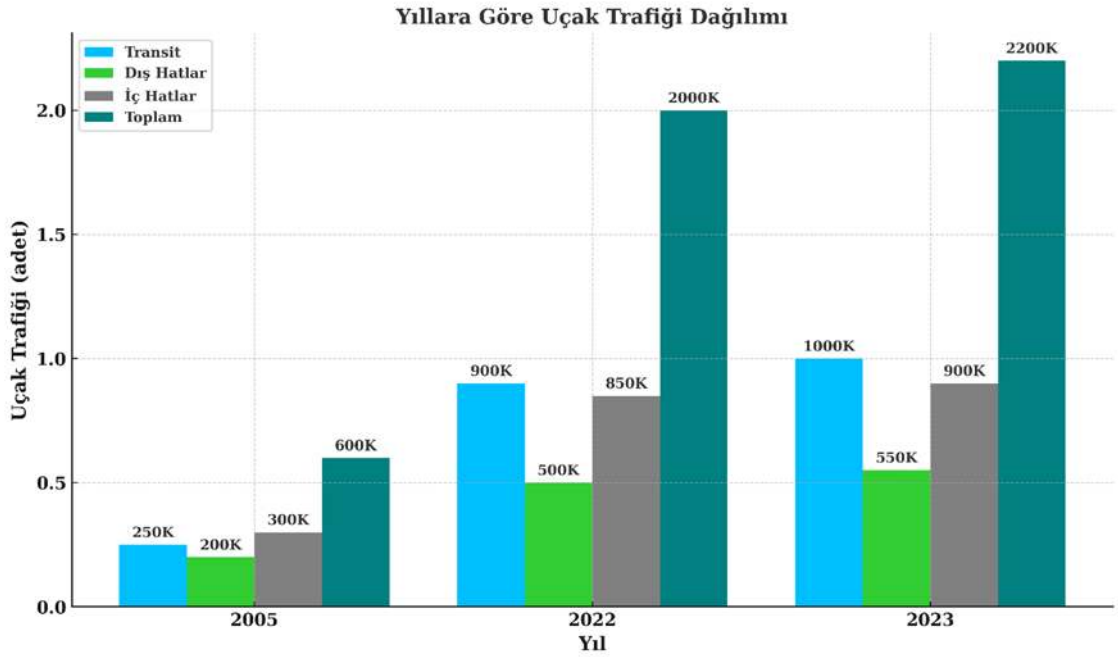
Bu nedenle başta ABD’li büyük hava yolu şirketleri işe girişlerde uygulamış oldukları deneyim seviyesi veya giriş seviyesinde talep ettikleri gereklilikleri azaltma eğilimine girmişlerdir [86].

Bu durum havayolu sektörünün risk toleransı göze alındığında, eğitim niteliğini yükseltme ihtiyacını doğurmaktadır [60]. Casner ve ark. [83], çalışmalarında 2013 yılı itibarıyla yalnızca ABD’de yaklaşık 80.000 pilotun her yıl on milyon kalkış gerçekleştirdiğini belirtmiş ve bu veriler aracılığıyla havacılık endüstrisinin ölçeğini ve büyüklüğünü vurgulamışlardır.

Dinçer M. [35], Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (International Air Transport Association – IATA) verilerine atıfta bulunarak her yıl yaklaşık üç milyar kişinin ulaşım aracı olarak havayolunu tercih ettiğini belirtmiştir. Hüseyinlioğlu [76], 2020–2039 dönemi için yaklaşık 763.000 yeni pilota ihtiyaç duyulacağını öngörmüş ve bu talebin karşılanabilmesi amacıyla pilot eğitim sürelerinin kısaltılması gerektiğini savunmuştur.

Kaymaz [131] tarafından yapılan çalışmada, 2022–2042 yıllarını kapsayan dönemde 602.000 yeni pilotun yanı sıra 610.000 teknisyene ve 899.000 kabin memuruna ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür. Şekil 4.6’da SHGM’den alınan verilere dayalı olarak Türkiye’de uçak trafiğinin yıllara göre artışı gösterilmektedir [132].

Türkiye’de havayolu taşımacılığındaki büyüme trendi, pilot lisanslandırma sayılarında da dünya havacılık sektöründeki gelişmelere paralel bir artış göstermektedir. Çalışmada Türkiye’deki pilot açığına ilişkin doğrudan veriler bulunmamakla birlikte, yıllara göre uçak filosu istatistikleri ve uçak trafiğindeki artış, Türkiye’nin de pilot açığı olgusundan bağımsız olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.6. Türkiye’de yıllara göre uçak trafiği (2005–2023) [132]

Şekil 4.6’daki grafikte 2005-2023 yılları arasındaki süreçte Türkiye’deki uçak trafiği hacminin büyüdüğü görülmektedir. Aynı kaynakta 2022-2023 aralığında lisanslı personel sayısında %4,2’lik artışta ilerleyen süreçte Türkiye’de artacak olan pilot talebini yansıtmaktadır. Buradan hareketle literatürdeki diğer kaynaklarla sıklıkla belirtilen havacılık sektörünün büyüme trendi Türkiye özelinde de paralellik göstermektedir [132].

Li ve ark [133], Çin özelinde yürüttükleri çalışmalarında, havayolu endüstrisinin hızlı büyümesinin geleneksel pilot eğitimiyle çeliştiğini ifade etmiş ve bu bağlamda simülasyon eğitimlerinin verimliliğinin artırılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Blackmon ve Polson [38], 2002 yılında yapmış oldukları çalışmada pilot eğitimlerine bilgisayar destekli sistemlerin daha fazla entegre edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Buradan hareketle yukarıda bahsedilen çalışma nispeten eski tarihli bir çalışma olsa da benzer araştırmaların devam ettiği söylenebilir [23, 27, 36, 52, 57, 134]. Benzer bir çalışma olan Puncturebutr [113], Tayland özelinde yürüttüğü araştırmada mevcut eğitim yöntemlerinin yetersiz kaldığını belirtmiştir. Benzer çalışmalarda, bu yetersizliği besleyen en önemli etkenlerden birinin, özellikle simülasyon teknolojisi başta olmak üzere eğitim materyallerine erişimde yaşanan maddi sıkıntılar olduğunu vurgulamıştır [23, 41, 55, 88, 103]. Bu bağlamda, hem daha fazla eğitim merkezinin

açılması gerektiğini hem de teçhizat erişimindeki mali kısıtların aşılabilmesi için bilgisayar mühendisliği gibi farklı mühendislik disiplinlerinin havacılık sektörü ile koordineli biçimde çalışmasının önem taşıdığını ifade etmiştir.

Ayrıca, havacılık kazaları neticesinde ortaya çıkan maddi kayıplar, gerçek uçuş eğitimlerine gerek duyulmadan simülatör ortamında gerçekleştirilebilecek eğitim teknolojileri üzerine araştırmalar yapılmasına zemin hazırlamıştır [87].

Puncreobutr'un çalışmasına benzer şekilde, literatürde havacılık eğitiminin etkinliğini sınırlayan ve pilot açığını derinleştiren en önemli etkenin eğitim maliyetleri olduğu pek çok kaynakta öne çıkmakta, bu durum öğrenci ve kurumların üzerinde oluşturmakta buna karşın hangi simülatör sınıfının eğitimin hangi aşamasında daha efektif kullanılabileceği ile ilgili araştırmaları yapılmasında itici güç olmaktadır [43, 119, 135, 136]. Bunun yanı sıra bazı eğitim kurumları bu sorunları aşabilmek adına simülatör çalışmaları yapmakta veya ekonomik alternatifler sunmaktadır [57, 137].

Literatürde havacılık sektörü üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun eğitim temasıyla ilişkili olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında belirlenen üç tema, incelenen yayınlarda çoğunlukla iç içe geçmiş şekilde ele alınmış olup, her bir yayının farklı ölçülerde birden fazla temaya katkı sağladığı tespit edilmiştir.

Havacılık sektörü, hata toleransı en düşük alanların başında gelmektedir. Karayolu ulaşımında araç motorunda meydana gelen bir arıza ya da benzeri teknik aksaklıklar çoğu zaman can kaybı yaşanmadan atlatılabilmektedir. Ancak havacılık söz konusu olduğunda, karayolunun aksine çok sayıda değişkenin aynı anda devreye girmesi nedeniyle, basit görülebilecek teknik aksaklıklar dahi büyük trajedilere yol açabilmektedir. Bu bağlamda havacılık eğitimi, üzerinde titizlikle durulması gereken temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Nitekim günümüzde meydana gelen havacılık kazaları incelendiğinde, teknik arızalardan kaynaklanan kazaların azalma eğilimi göstermesine karşın, insan hatasına bağlı kazaların aynı oranda düşüş göstermemesi, eğitim süreçlerinin kritik önemini açıkça ortaya koymaktadır. Gelişen teknoloji ve havacılık eğitiminin taşıdığı kritik önem ve insan kaynaklı hataların beklenildiği ölçüde azalmaması nedeniyle, başta FAA, ICAO ve EASA olmak üzere ulusal ve uluslararası havacılık otoriteleri, eğitim müfredatları ile kullanılan simülasyon cihazlarına yönelik çeşitli düzenlemeler gerçekleştirmektedir [138].

Çalışma kapsamında incelenen kaynaklarda simülatör tabanlı eğitim yöntemlerine ilişkin bulgulara yer verilmiş olup, bu çalışmaların ortak noktası, simülatör kullanımının

havacılık eğitimi maliyetlerinde önemli ölçüde tasarruf sağladığını göstermesidir. Özellikle tip eğitimlerinde, gerçek uçuş ortamına ihtiyaç duyulmadan eğitimin tamamının simülâtör ortamında gerçekleştirilebilmesi (ZFTT), hem simülâtör eğitiminin uçuş güvenliğine katkısı, hem mali açıdan sağlanan tasarrufun en güçlü örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Araştırma neticesinde elde edilen bulguların en dikkat çekici noktası, yalnızca etkili bir müfredatın ya da gelişmiş simülâtör teknolojilerinin tek başına yeterli olmayacağıdır. Literatürde, havacılık eğitiminden istenilen sonuçların elde edilebilmesi için etkili eğitim metotlarının gelişmiş simülasyon teknolojileriyle entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

4.7.3. Simülâtör teknolojisinin pilotların kariyer gelişimine etkisi

Çalışmaya dahil edilen yayınların 35’inde kariyer temasına doğrudan yer verilmiş olup, bu çalışmalarda pilot adaylarının mesleki açıdan gelişimi ve sektöre geçiş süreci ve tüm bu aşamalarda simülâtör destekli eğitimin etkisiyle ilgilidir. Esasında bu tema çalışmaların büyük çoğunluğunda maliyet eğitim temalarıyla birlikte ele alınmıştır. Birçok çalışmada, havacılık sektöründeki pilot açığı vurgulanmış; bu kapsamda, geleceğe dönük projeksiyonlarla birlikte mevcut eğitim süresinin uzunluğu ve bu nedenle halihazırdaki eğitim sisteminin bu açığı kapatmaktan uzak olduğu belirtilmiştir [13, 16, 98, 120].

Buradan hareketle, simülâtör tabanlı eğitimin çeşitli varyasyonlarla birlikte konvansiyonel eğitime entegre edilmesiyle, pilot veya pilot adaylarının gerek başlangıç eğitimlerinde gerekse tekrarlayan eğitimlerde zaman ve maliyet açısından tasarruf sağlandığı ele alınmıştır.

Havacılık sektörünün dinamik yapısına bağlı olarak pilot eğitimi, tarihsel süreç içerisinde çeşitli gelişim aşamalarından geçmiş ve giderek daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Günümüzdeki bu karmaşık yapı, pilotların yalnızca teknik bilgi ve becerilerini geliştirmelerini yeterli kılmamakta; aynı zamanda uçuş operasyonunu gerçekleştiren diğer personellerle etkin ve koordineli bir biçimde çalışabilmelerini de gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, anormal uçuş durumlarıyla başa çıkabilmek ve güvenli operasyonu sürdürebilmek adına, pilotların kriz yönetimi gibi bilişsel ve davranışsal becerileri de edinmeleri kritik öneme sahiptir.

Pilot eğitiminin bu karmaşık yapısına ek olarak; yüksek eğitim maliyetleri, uzun süren eğitim süreçleri ve eğitim kurumlarının gerekli araç, gereç ve altyapıya erişimindeki sınırlılıklar hem kurumlar hem de öğrenciler açısından süreci daha zorlayıcı hale getirmektedir.

Graham [6], Utah Üniversitesi özelinde gerçekleştirdiği çalışmada, geleneksel pilot eğitiminin süresinin mevcut pilot açığını kapatmada yetersiz kaldığını belirtmiş ve bu sürenin kısaltılabilmesi için yeni öğretim tekniklerinin uygulanması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmanın devamında, başta FAA olmak üzere havacılık otoritelerinin yaptığı düzenlemelerin – örneğin, ATP sertifikası için gerekli uçuş süresinin 1500 saate çıkarılması gibi – bu sorunu daha da derinleştirdiği ifade edilmiş; dolayısıyla yeni eğitim metotlarının hayata geçirilmesinin kritik önemde olduğu savunulmuştur.

Arch [117], çalışmasında teknolojik gelişmelere atıfta bulunarak mevcut eğitim yapısının pilot eğitimi için yetersiz kaldığını dolaylı biçimde ifade etmiş ve FAA tarafından geliştirilen FITS programının bu yetersizliği giderme potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. Yazar, FITS programının yapısını detaylandırarak, gerçekçi senaryolara dayanan simülator tabanlı eğitimi merkeze aldığını vurgulamış; bu yönüyle programın hem eğitim süresini kısaltabileceğini hem de maliyetleri azaltabileceğini ifade etmiştir. Bu bağlamda yazar, simülator tabanlı eğitimin pilotların kariyer gelişiminde önemli bir rol oynayabileceğine dolaylı olarak dikkat çekmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, FITS programı gibi simülator tabanlı eğitimi merkeze alan modellerin, yalnızca pilot adaylarının veya tekrarlayan eğitim alan pilotların teknik ve bilişsel becerilerini geliştirmekle kalmayıp; aynı zamanda eğitim sürelerini önemli ölçüde kısaltma potansiyeline sahip oldukları görülmektedir [139]. Bu programlar, gerçekçi senaryolara dayalı uygulamalı eğitim imkânı sunarak pilotların karar verme, problem çözme ve durumsal farkındalık gibi kritik yetkinliklerini daha kısa sürede ve daha etkin biçimde kazanmalarına olanak tanımaktadır. Nitekim pek çok çalışmada, bu tür programlara katılan pilot adaylarının geleneksel yöntemlerle eğitim alanlara kıyasla daha yüksek başarı oranlarıyla mezun oldukları ve uçuş görevlerine daha hazır bir profil sergiledikleri ifade edilmiştir. [7–9, 14, 25, 26, 30, 37, 38, 40, 52, 57, 139]. Günümüzde simülasyon cihazlarının gelişmesine paralel olarak pilot eğitiminin birçok aşamasında uçuş simülörleri ilgili eğitimin büyük bir kısmında kullanılmakta ve böylece gerçek uçuş ortamına ihtiyaçta belirgin şekilde azalmakta veya

tip eğitimlerinde olduğu gibi bütün bir eğitim süreci yalnızca simül-atör ortamında gerçekleştirilmektedir [14, 41]

Nowakovski ve Makarewicz [30], çalışmalarında EASA Part-FCL düzenlemelerine dikkat çekmişlerdir. Bu düzenleme kapsamında, Aletli Uçuş Yetkisi (Instrument Rating – IR) eğitiminde toplam sürenin yaklaşık %70'ine kadar olan bölümünün simül-tör ortamında gerçekleştirilebildiği ve bu uygulamanın eğitim maliyetlerini yarı yarıya azaltma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, ATPL lisans programında yer alan 150 saatlik uçuş eğitiminin yaklaşık %26'sına karşılık gelen 40 saatin FFS ve FNPT II sınıfı simül-törlerde yapılabilmesine imkân tanındığı ifade edilmiştir. Ayrıca, Part-FCL düzenlemelerine göre ATPL lisansı için gerekli 1500 saatlik toplam uçuş tecrübesinin 100 saate kadar olan kısmı FNPT II veya FTD 2–3 simül-törlerinde, FFS kullanılması durumunda ise 200 saate kadar olan bölümünün simül-tör ortamında tamamlanabileceği hükme bağlanmıştır [140].

Kozuba ve Bondaruk[41], çalışmalarında IFR eğitimlerinde öğrencilerin bu eğitim için belirlenen 55 saatlik eğitimin 40 saatini FNPT II sınıfı simül-törlerde gerçekleştirebildiği, bunun yanında Ticari Pilot Lisansı (Commercial Pilot License – CPL) eğitimi alan pilotların hava eğitiminin %20'sini yine simül-törlerde yapabildiği ifade edilmiştir.

Benzer şekilde Balcerzak ve Kostur [14], ise pilotların tip eğitimleri sırasında eğitimlerinin tamamını (ZFTT) simül-tör ortamında gerçekleştirebildiklerini vurgulamışlardır.

Yukarıdaki çalışmalardan elde edilen bulgular, uçuş simül-törlerinin yalnızca güvenli bir eğitim ortamı sunmakla kalmayıp; aynı zamanda eğitim süresini kısaltarak hem kurumsal hem de bireysel düzeyde önemli maliyet avantajları sağladığını ortaya koymaktadır. Bu durum, pilotların veya pilot adaylarının eğitim süreçlerini daha kısa sürede tamamlayarak mesleki kariyerlerine daha erken aşamada adım atmalarına im-kân vermektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi ve özellikle havayolu ulaşımına yönelik artan talep nedeniyle, havacılık eğitimi sürekli olarak güncellenmekte ve disiplinler arası bir nitelik kazanmaktadır. Literatürdeki kaynakların büyük çoğunluğunda küresel ölçekte hissedilen pilot açığına vurgu yapılmakta; bu bağlamda, eğitimin daha kısa sürede ve risksiz bir ortamda tamamlanabilmesi, simül-tör tabanlı eğitimin pilotların kariyer gelişiminde kritik bir role sahip olduğunu göstermektedir.

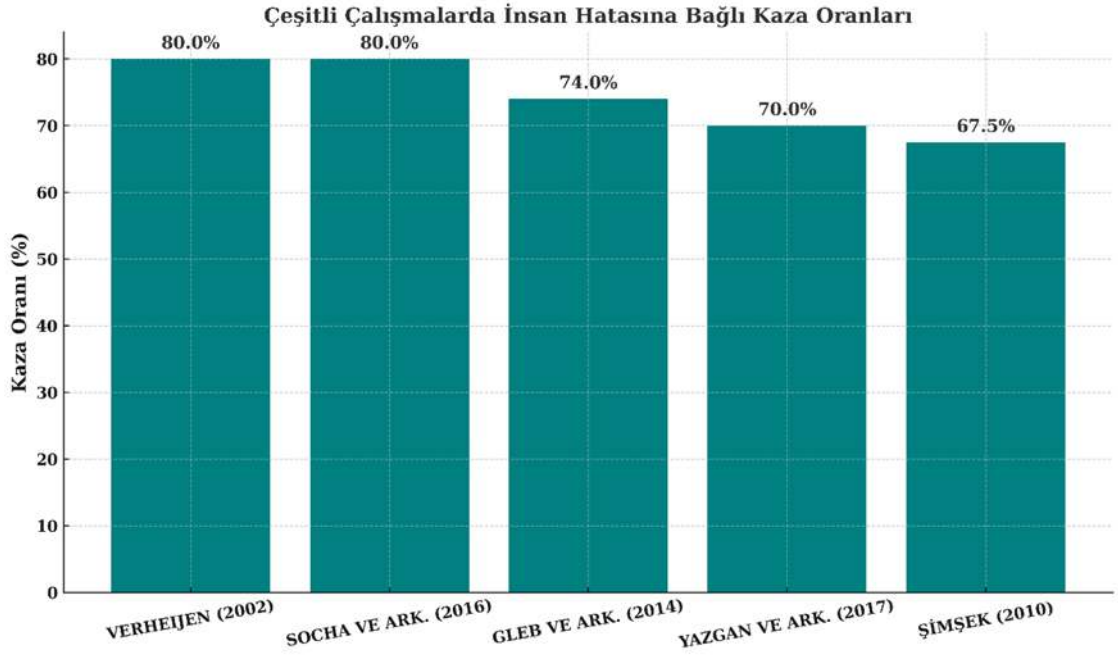
5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu bölümde çalışmadan elde edilen bulgular, literatürde yer alan araştırmalar ışığında değerlendirilip, bu kapsamda çeşitli çıkarımlar yapılarak önerilerde bulunacaktır. Çalışma kapsamında üç ana tema öne çıkmıştır: maliyet, eğitim ve kariyer. Eğitim teması baskın bir şekilde ortaya çıkarken, maliyet ve kariyer temalarının çoğunlukla eğitim boyutuyla iç içe geçtiği görülmüştür. Bu nedenle değerlendirmelerde eğitim teması ele alınırken, aynı zamanda maliyet ve kariyer boyutlarına da yer verilmiştir. Maliyet temasına ilişkin bulgular ise doğrudan parasal veriler ve ekonomik değerlendirmeler sunan yayınlar üzerinden desteklenmiştir. Bu çerçevede, belirlenen üç tema literatürdeki bulgularla ilişkilendirilerek ele alınacaktır.

Çalışmada incelenen kaynakların büyük çoğunluğu doğrudan ya da dolaylı olarak pilot eğitime odaklanmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri, Doolittle [15], Herchko [16] ve Marvin [17]'in çalışmalarında da yer verilen Colgan Airlines'a ait 3407 sefer sayılı yolcu uçağının karıştığı kazada görüldüğü üzere, günümüzde de benzer olayların devam etmesi ve insan hatasına bağlı kazaların sayısında kayda değer bir azalmanın sağlanamamasıdır.

Yazgan ve ark.[1] çalışması başta olmak üzere pek çok araştırmada, insan hatasına bağlı kazaların oranının diğer nedenlerden kaynaklanan kazaların oranından belirgin biçimde yüksek olduğu, ayrıca farklı yıllarda yapılan çalışmalarda bu oranlarda kayda değer bir değişim yaşanmadığı ortaya konmuştur. Bu durum, pilot eğitimi alanında hâlen önemli eksikliklerin bulunduğunu göstermektedir [2, 4, 5, 51]. Şekil 5.1'de, farklı yıllarda gerçekleştirilen araştırmalarda insan hatasından kaynaklanan kazaların diğer nedenlere bağlı kazalara oranı grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Farklı yıllarda yapılan çalışmalarda havacılık kazalarında insan faktörünün oranı

Geçen süreçte insan hatasına bağlı kazalarda kayda değer bir azalma sağlanamaması, başta havacılık otoriteleri olmak üzere eğitim veren kurum ve kuruluşlarda müfredatların gözden geçirilmesi ve eğitimde kullanılan araç-gereçlere yönelik çeşitli düzenlemelerin yapılmasında itici bir güç olmuştur. Buna paralel olarak, havacılık sektörünün teknolojiden en yoğun şekilde yararlanan alanlardan biri olması ve uçakların her geçen gün daha modern sistemlerle donatılması, pilot eğitiminin de bu gelişmelere uyum sağlayarak kendini sürekli güncellemesi zorunlu hale gelmiş ve söz konusu güncellemeler çoğunlukla havacılık otoritelerinin düzenlemeleri doğrultusunda şekillenmiştir [28, 49].

Havacılık sektörünün bu dinamik yapısı, pilot eğitiminin çeşitli aşamalara ayrılmasını beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda Sun ve ark. [126] çalışmasında da belirtildiği üzere görev odaklı yaklaşımların ötesine geçilerek, mürettebat kaynak yönetimini de kapsayan CBTA ile Possebon ve ark.[7] tarafından ele alınan, dinamik ve gerçekçi senaryolar üzerinden yürütülen SBT metotları öne çıkmıştır. Buradan hareketle, simülatörler risk içermeyen bir ortamda tehlikeli manevraların uygulanabilmesine ve eğitim süreçlerinde uçuş operasyonlarının tüm aşamalarının somutlaştırılmasına imkân tanıyan kritik öneme sahip araçlar haline gelmiştir.

Ancak Koglbauer [91] ve Dolzhenko ve ark.[63] çalışmalarında da vurgulandığı üzere, simülatör eğitiminden maksimum verimin sağlanabilmesi için bu uygulamaların sağlam temellere dayanan ve bilişsel açıdan güçlü bir teorik müfredatla entegre edilmesi gerektiği belirtilmiş ve literatürdeki diğer kaynaklarda bu durumu desteklemiştir [16, 34]. Simülatör teknolojisinin avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Görsel ve fiziksel sistemlerin gerçek operasyonları tam olarak yansıtamaması durumunda, beyine iletilen hareket bilgileri arasındaki uyumsuzluk pilotlarda hareket hastalığına yol açabilmektedir. Ayrıca pilotların simülatör ortamında bulunduklarının bilincinde olmaları, gerçek operasyonlarda sergilemeleri gereken tepkileri simülatör eğitiminde tam olarak göstermemelerine neden olabilmektedir [85].

Havacılık sektöründeki gelişmelerle birlikte simülatör tabanlı eğitim, pilot eğitiminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Ancak çalışma kapsamında incelenen yayınlarda, bu teknolojinin etkin kullanımının önündeki en önemli engelin başta simülatör fiyatları olmak üzere, genel olarak havacılık eğitiminin yüksek maliyetli yapısı olduğu vurgulanmıştır [23, 41].

SHGM verilerine göre Türkiye’de ATPL lisansı almak isteyen pilot veya pilot adayının 80.000€ civarında bir ücret ödemesi gerekmektedir [97]. Havacılık eğitiminde yüksek maliyetin ülkemizde de geçerli olduğunu göstermektedir.

Örneğin, Reweti ve ark.[23] tarafından Yeni Zelanda özelinde yapılan çalışmada, FTD sınıfı simülatörlerin alım maliyetinin 500.000 NZ\$ seviyesinde olduğu belirtilmiş ve bu yüksek maliyetin doğrudan eğitim giderlerine yansıdığı ifade edilmiştir. Bu durumu hafifletebilmek amacıyla, söz konusu çalışmada olduğu gibi daha düşük seviye simülatörlerin pilot eğitiminin belirli aşamalarında FTD sınıfı simülatörlerin yerine ikame edilmesinin mümkün olabileceği tartışılmıştır.

Benzer şekilde Kozuba ve Bondaruk [41], FNPT II sınıfı simülatörlerin maliyetinin yaklaşık 400.000 € civarında olduğunu aktarmıştır. Brady [103] ise Cessna 172 modeline ait bir simülatörün 379.000 \$ değerinde olduğunu, aynı modelin eğitim uçağının ise yaklaşık 200.000 \$ seviyesinde olduğunu belirterek, simülatör ve uçak maliyetleri arasındaki dengesizliklere dikkat çekmiştir.

Yukarıda da ifade edildiği üzere, hava araçlarının yüksek bakım ve işletme giderleri nedeniyle havacılık eğitimi oldukça pahalı bir alan olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle simülatör teknolojisi zamanla bu duruma alternatif bir çözüm olarak yaygınlaşmış, ancak simülatörlerin yüksek maliyetleri de doğrudan eğitim giderlerini

etkilemiştir. Nitekim Corman [44]’ın çalışmasında da belirtildiği üzere, bu durum pilot eğitime erişimde önemli bir engel oluşturmakta ve pilot açığını besleyen temel unsurlardan biri haline gelmektedir.

Simülatörlerin yüksek maliyetleri dezavantajlı bir durum olarak görülse de sağladıkları avantajların bu dezavantajların üzerinde olduğu belirtilmektedir. Nitekim Lazic ve ark. [46] çalışmasında da ifade edildiği üzere, bir saatlik gerçek uçuşun maliyeti yaklaşık 400 € iken, simülatör ortamında gerçekleştirilen bir saatlik eğitimin maliyeti 50– 100 € arasında değişmektedir. Balcerzak ve Kostur [14]’ın çalışması da literatürdeki eğilimi destekler niteliktedir. Bu çalışmada, günümüzde tip eğitiminin simülatör teknolojisi sayesinde gerçek uçuş operasyonlarına gerek olmaksızın tamamlanabildiği ifade edilmektedir. Ayrıca, gerçek uçuş ortamında meydana gelebilecek bir kazanın maddi karşılığının bulunmadığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Havacılık sektörünün yüksek maliyetli yapısı ve küresel ölçekte hissedilen pilot açığı, hem bu alanda eğitim gören öğrenciler hem de eğitim veren kurum ve kuruluşlar üzerinde ciddi bir zaman baskısı oluşturmaktadır. Bu nedenle sektörde hizmet veren kurumlar, eğitim sürelerinin kısaltılabilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütmektedir.

Nitekim Graham[6]’ın çalışmasında da belirtildiği üzere, geleneksel pilot eğitimi süre ve etkinlik bakımından pilot açığını kapatmakta yetersiz kalmakta, ayrıca havacılık otoritelerinin pilotlardan talep ettiği uçuş tecrübesini artırması durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. Graham’ın bu bulguları, çalışmanın Bulgular bölümünde de ifade edildiği üzere, literatürdeki genel eğilimi temsil etmektedir[9, 117].

Mevcut durumdan hareketle FAA ve EASA gibi havacılık otoriteleri uzun yıllardır eğitim müfredatlarında değişiklikler yapmakta, FITS gibi standartları yürürlüğe koyarak simülasyon teknolojisini eğitim sürecine entegre etmektedir. Böylece geçmişte kullanılan görev tabanlı eğitim metotlarının yerini, daha dinamik bir yaklaşım olan Senaryo Tabanlı Eğitim modeli almaktadır [9].

Literatürde SBT ve CBTA yaklaşımlarına ilişkin yapılan çalışmalarda ise, bu yöntemlerin pilot ve pilot adaylarının bilişsel gelişimini desteklediği, pilot eğitiminin çok yönlü yapısına uygun olduğu ve eğitimlerini tamamlayan pilotların mesleğin gerektirdiği yetkinliklere sahip oldukları vurgulanmaktadır [25, 37, 40, 125]. Dolayısıyla günümüzde pilotların veya pilot adaylarının kariyerlerinde simülatör teknolojisi belirleyici rol oynadığı görülmektedir.

5.2. Tartışma

Wright Kardeşler'in 1903 yılındaki motorlu uçuş denemeleriyle birlikte havacılık büyük bir hızla gelişmeye başlamış, kısa süre sonra patlak veren I. Dünya Savaşı sırasında hava araçları bir savaş makinesine dönüştürülmüştür. Artık savaşların sonucu yalnızca yeryüzündeki orduların gücüyle değil, aynı zamanda hava hâkimiyetinin kime ait olduğuyla da belirlenir hale gelmiştir. Bu durum, uçakları kullanacak personelin hızlı ve etkin biçimde eğitilmesini zorunlu kılmıştır. Pilot eğitiminin ilk adımları bu dönemde atılmış olsa da simülatör teknolojisinin gelişmeye başlaması 1920'li yılların sonuna rastlamaktadır [141]. Edwin Link'in geliştirdiği ve patentini aldığı Link Trainer, 1930'lu yılların başından itibaren yalnızca mekanik düzeyde de olsa pilot eğitiminde kullanılmaya başlanmış; 1939'da başlayan II. Dünya Savaşı ise, I. Dünya Savaşı'na kıyasla çok daha yüksek bir pilot ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Ne yazık ki tarihteki büyük trajediler kimi zaman teknolojik ilerlemenin de itici gücü olmuştur. Savaşın ardından hızla gelişen teknolojiyle birlikte uçaklar yolcu ve yük taşımacılığında da kullanılmaya başlanmış, bu da pilot ihtiyacının katlanarak artmasına yol açmıştır. Bu süreçte insanlar gökyüzünde daha fazla bilinmezle mücadele etmiş, yaşanan her olumlu ya da olumsuz gelişme hem uçakların hem de eğitim teknolojilerinin ilerlemesine katkıda bulunmuştur.

Günümüze gelindiğinde gökyüzünde her an yüzlerce uçak farklı amaçlarla uçmakta, havayolu taşımacılığının hacmi ise her geçen gün artmaktadır. Buna rağmen havacılık kazalarında insan faktörü oranı azalma göstermemektedir. Modern uçaklar ileri teknoloji sistemlerle donatıldığından ve havacılığın merkezinde insan faktörü bulunduğundan, pilot eğitimleri yalnızca teknik yeterliliklerin geliştirilmesiyle sınırlı kalmamakta; kriz yönetimi, bilişsel beceriler ve ekip çalışması gibi alanları kapsayan teorik eğitim süreçlerini de içermektedir.

Uçuş simülatörleri ise tıpkı uçaklar gibi teknolojiyi en üst düzeyde kullanan eğitim araçları haline gelmiştir. Son 20 yılda uçuş simülatörleri kademeli olarak pilot eğitiminin kritik bir unsuru haline gelmiş ve günümüzde farklı sınıflardaki simülatör-ler, pilot eğitiminin her aşamasında etkin bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır.

Teknolojik ilerlemeler ve havacılık alanında yaşanan farklı ölçeklerdeki gelişmeler, pilot eğitiminin sürekli olarak güncel kalmasını sağlamış; zamanla etkinliğini yitiren yöntemler yerini daha dinamik ve sonuç odaklı yaklaşımlara bırakmıştır.

Bu süreçte hem pilot eğitiminin teorik boyutlarına hem de teknik yönlerine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır.

İlk simülatörlerin kullanımına başlanmasından bu yana uçuş simülatörlerinin avantajları ve dezavantajları tartışma konusu olmuştur. Ancak son 20 yıla ilişkin literatür incelendiğinde, bu avantaj ve dezavantajların daha belirgin hale geldiği; ayrıca havayolu taşımacılığının hızla büyümesi ve artan pilot ihtiyacının, bu alanda daha kapsamlı araştırmalar yapılmasını zorunlu kıldığı görülmektedir.

Bugün uçuş simülatörlerinin, maliyet açısından tasarruf sağladığı, pilotların risksiz ortamda tehlikeli manevraları tatbik edebildiği, pilot eğitiminin çoğu aşamasında uçak edinimi, bakımı gibi yüksek maliyetli durumları azalttığı, bilişsel becerileri geliştirdiği ve mürettebat kaynak yönetimi ile ilgili eğitimlerde faydalı olduğu literatürdeki çalışmalar sayesinde kanıtlanmıştır. Ancak simülatörler halen dünya genelinde birçok kurum ve kuruluşun erişimini zorlaştıracak düzeyde mali-yetlidir. Bu durum havacılık eğitiminde kullanılacak uçakların yüksek maliyeti ile birleştiğinde hem mevcut eğitim kurumlarının yıllık fiyatları yüksek olmakta hem de yeni eğitim kurumlarının açılması engellenmektedir. Çalışma kapsamında incelenen kaynakların büyük çoğunluğu havacılık eğitiminin yüksek maliyetine değinmekte ve bu durumun öğrenci motivasyonunu olumsuz etkilediğini ifade etmektedir.

Bu olumsuzluklar mevcut eğitim süresinin uzunluğu ile birleşince pilot açığı giderek derinleşmektedir. Bu kapsamda eğitim müfredatının verimli ve eğitim süresin-in daha olması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmış ama pek çoğu sonuç olarak önere-rinin ötesine geçememiştir.

5.3. Öneriler

Uçuş simülatörlerinin dezavantajlarına odaklanan çalışmaların literatürde oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Simülatörlerin gerçek uçuş koşullarını tam olarak yansıtamaması, pilotların simülatör ortamında olduklarının bilincinde olmaları nedeniyle öğrenme motivasyonlarının azalması, gerçek durumlarda verdikleri tepkiler ile simülatörde verdikleri tepkilerin farklılık göstermesi ve hareket hastalığı gibi olumsuzluklar tanımlanmış olsa da bu sorunların nasıl giderileceği konusu hâlâ belirsizliğini korumaktadır.

Bu nedenle pilot eğitimi ile ilgili çalışmalar eğitim kurumları ve havacılık otoritelerinin ortaklaştığı platformlarda gerçekleştirilirse pek çok çalışma öneriden

sonuca doğru evrilecektir. Ayrıca uçuş simülatörleri ile ilgili kurumlar bazında yapılan çalışmalara gerek havacılık otoriteleri gerekse devlet tarafından daha fazla katkı sağlanması ve havacılık eğitimi veren her kurumun bu alanda da çalışma yapmasının zorunlu hale getirilmesi de uçuş simülatörlerinin hem mali yükünü azaltacak hem de simülasyon teknolojisinin daha da ilerlemesini sağlayacaktır. Bundan başka simülatör eğitiminin dezavantajları üzerine daha fazla çalışma yapılması da yukarıda sözü edilen belirsizlikleri ortadan kaldıracaktır.



KAYNAKÇA

- [1] Yazgan, E., Çilingir, F. C., Erol, D., and Anagün, A. S. (2017). An analysis of the factors influencing score achieved during pilot training. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 60(4), 202–211. <https://doi.org/10.2322/tjsass.60.202>
- [2] Gleb, C., Morales, L., Son, J., Tilney, T., Uyehara, R., and Diels, E. (2014). Attitudes toward the practical incorporation of scenario-based training (SBT) into a commercial pilot training syllabus: A preliminary study. *Embry-Riddle Aeronautical University, Department of Aeronautical Science (Prescott)*. http://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/SBT_final.pdf (Erişim tarihi: 16.11.2024)
- [3] Broach, D., Schroeder, D. and Gildea, K. (2019). *Best practices in pilot selection*. Federal Aviation Administration, Office of Aerospace Medicine, DOT/FAA/AM-19/6 Final Report. Washington, DC: U.S. Department of Transportation. <http://www.faa.gov/go/oamtechreports> (Erişim tarihi: 25.12.2024).
- [4] Şimşek, E. (2010). Çoklu performans dayalı pilot seçim ölçütleri. *III. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı (UHUK-2010) Bildiriler Kitabı*, 16–18 Eylül 2010, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- [5] Verheijen, F. M. (2002). *Flight Training and Pilot Employment* (MSc Thesis, Air Transport Management). City University, London.
- [6] Graham, M. R. (2017). *A case study of instructional methods used for private pilot certification at Utah Valley University Flight School*. (Master's thesis), Brigham Young University, United States of America. <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/6601>.
- [7] Possebon, M. T., and Galvão, M. C. (2023, October). Ab-initio pilot training model combining scenario-based training with simulator and real flight. *Proceedings of the SIT2265 Conference*. <https://www.researchgate.net/publication/377413929> (Erişim tarihi: 20.01.2025).
- [8] Dekker, S. W. A. (2011). Pilots, controllers and mechanics on trial: Cases, concerns and countermeasures. In S. B. Wilborn (Ed.), *Human factors and aviation safety: Cases, concerns and countermeasures* 117–130. Ashgate Publishing. <https://www.researchgate.net/publication/48381508> (Erişim tarihi: 16.01.2025).

- [9] Dornan, W. A., Craig, P. A., Gossett, S., and Taylor, H. (2006). *Best evidence for the FAA Industry Training Standards (FITS) program for pilot training in technically advanced aircraft* [Technical report]. Federal Aviation Administration, Center for General Aviation Research.
- [10] Zhu, S., and Chen, J. (2024). Comparative study on flight training of Chinese airline pilots at home and abroad. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0754> (Erişim tarihi: 16.01.2025).
- [11] Cookson, S. (2008). Flight operations at J. F. Oberlin University: Why are we training commercial pilots? *Oberlin Today*, 2008, 215–224.
- [12] Page, R. L. (2000). Brief history of flight simulation. In *SimTecT 2000 Proceedings*, 1–11. Simulation Industry Association of Australia.
- [13] Fanjoy, R. O. (2002). Collegiate flight training programs: In search of cognitive growth. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*, 11(2). <https://doi.org/10.15394/jaaer.2002.1296>
- [14] Balcerzak, T., and Kostur, K. (2018). Flight simulation in civil aviation: Advantages and disadvantages. *Revista Europea de Derecho de la Navegación Marítima y Aeronáutica*, 35, 35–62.
- [15] Doolittle, A. C. (2013). *A descriptive analysis of public comments submitted in response to notice of proposed rules on air carrier pilot qualification* (Master's thesis). Embry-Riddle Aeronautical University. <https://commons.erau.edu/edt/46> (Erişim tarihi: 27.12.2024).
- [16] Herchko, D. A. (2012). *Background factors that affect pilot success in regional airline training* (Master's thesis). Embry-Riddle Aeronautical University. <https://commons.erau.edu/edt/81> (Erişim tarihi: 28.12.2024).
- [17] Marvin, A. (2016). *The United States aviation industry and the professional pilot training environment*. (Honors thesis). Western Michigan University. https://scholarworks.wmich.edu/honors_theses/2705 (Erişim tarihi: 14.12.2024).
- [18] Allan, J. R. (2002). The costs of bird strikes to commercial aviation. In L. Clark (Ed.), *Human conflicts with wildlife: Economic considerations* 147–153. National Wildlife Research Center, Fort Collins, CO.
- [19] United States Air Force. (1960). *Eastern Air Lines Flight 375 accident archive photo* [Photograph]. Air Mobility Command, U.S. Air Force Historical Archive.
- [20] Orlady, L. M. (2010). Airline pilot training today and tomorrow. In B. G. Kanki, R. L. Helmreich, ve J. Anca (Eds.), *Crew resource management*. Academic Press.

- [21] National Transportation Safety Board and Federal Aviation Administration. (2010). *Photos of Colgan Flight 3407 crash site* [Photographs]. National Transportation Safety Board.
- [22] Bürki-Cohen, J., Sparko, A. L., Jo, Y. J., and Go, T. H. (2009). Effects of visual, seat, and platform motion during flight simulator air transport pilot training and evaluation. In *Proceedings of the 15th International Symposium on Aviation Psychology* 1–6. Wright State University, Dayton, OH.
- [23] Reweti, S., Gilbey, A. and Jeffrey, L. (2017). Efficacy of low-cost PC-based aviation training devices. *Journal of Information Technology Education: Research*, 16, 127–142.
<http://www.informingscience.org/Publications/3682> (Erişim tarihi: 25.12.2024)
- [24] Wiggins, M. E., ve Crognale, M. W. (2004). Use of training devices in general aviation training programs. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 48(1), 2103–2107.
<https://doi.org/10.1177/154193120404801915>
- [25] Vidakovic, J., Lazarevic, M., Kvirgic, V., Vasovic, I., and Rakic, A. (2021). Flight simulation training devices: Application, classification, and research. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 22(4), 874–885.
<https://doi.org/10.1007/s42405-021-00358-y>
- [26] Quast, B. M., Clarke, H. J., Lee, S., Walia, K., and Leib, S. (2022). An exploration of the relationship between flight simulator performance and achievement of solo flight among Australian aviation students. *Collegiate Aviation Review International*, 40(2), 67–78.
- [27] Boztaş, Ö. (2012). *Determining a strategy for favorable acquisition and utilization of complex technologies: Flight simulation training devices (FSTD)* [Master's thesis, Middle East Technical University]. Middle East Technical University Theses Archive.
- [28] Ünlü Timurkaynak, T. (2010). Türkiye havacılık sektöründe uçuş simülatörü kullanımı ve simülatör sertifikasyonu çalışmaları. *IX. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı Bildiriler Kitabı* (s. 62–78).
- [29] Allerton, D. (2009). *Principles of flight simulation*. Chichester, UK: Wiley. (Aerospace Series (PEP))
- [30] Nowakowski, H., and Makarewicz, J. (2018). Flight simulation devices in pilot air training. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 98, 111–118. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.11>

- [31] Dinçer, N. (2023). Elevating aviation education: A comprehensive examination of technology's role in modern flight training. *Journal of Aviation*, 7(2), 317–323.
- [32] Ivan, K., and Jana, K. (2012). Selected information on flight simulators: Main requirements, categories and their development, production and using for flight crew training in both Slovak Republic and Czech Republic conditions. *INCAS Bulletin*, 4(2), 73–86. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2012.4.2.8>
- [33] <https://www.nasflmuseum.com/link-trainer-flight-simulator>. (Erişim tarihi: 16.01.2025)
- [34] Majidul, M., and Bhuiyan, H. (2022). Simulator based flight training in BAF: Its effectiveness on operational readiness. *International Journal of Current Research in Multidisciplinary.*, from <https://www.researchgate.net/publication/362238054> (Erişim tarihi: 16.01.2025)
- [35] Dinçer, M. S. (2023). Sivil havacılıktaki uçuş operasyonlarında pilotların bilgiye dayalı karar alma süreci. *Bilgi Yönetimi*, 6(1), 75–90. <https://doi.org/10.33721/by.1292307>
- [36] Wang, H., Durak, U. and Hartmann, S. (2018). Design and development of research aviation training device. *Proceedings of the ASIM Workshop*, Hochschule Heilbronn, Heilbronn, Germany, March 8–9, 2018. (Erişim tarihi: 17.01.2025)
- [37] De Cino II, T. J. (2016). *A usability and learnability case study of glass flight deck interfaces and pilot interactions through scenario-based training* (Doctoral dissertation). Nova Southeastern University, College of Engineering and Computing. ProQuest Dissertations Publishing.
- [38] Blackmon, M. H. and Polson, P. G. (2002). Combining two technologies to improve aviation training design. *Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aeronautics (HCI-Aero 2002)*, 24–29. Menlo Park, CA: AAAI Press.
- [39] Robertson, C., Petros, T., and Schumacher, P. (2005). *Scenario-based training: Training module—inspectors: A guide for inspectors, designated examiners, and flight instructors on the implementation and philosophy of FITS* (Version 1.0) [Training module]. University of North Dakota.
- [40] Beckman, W. S., Callender, M. N., Gossett, S., Dornan, W. A., and Craig, P. A. (2008). Moving FITS training from the laboratory to the flight line. *Collegiate Aviation Review*, 26(1), 20–27

- [41] Kozuba, J., and Bondaruk, A. (2014, May 22–24). Flight simulator as an essential device supporting the process of shaping pilot’s situational awareness. In *Proceedings of the International Conference of Scientific Papers (AFASES 2014)*, 695–714. Air Force Academy, Braşov, Romania.
- [42] Catton, C. W. (2009). *Attitudes toward pilot recurrent training* (Honors thesis). Southern Illinois University Carbondale. http://open.uiuc.edu/uhp_theses/180
- [43] Valenta, V. (2018). Effects of airline industry growth on pilot training. *Magazine of Aviation Development*, 6(4), 52–56. <https://doi.org/10.14311/MAD.2018.04.06>
- [44] Corman, R. J. (2023). *Addressing the pilot shortage: Funding flight training at Asheville-Buncombe Technical Community College* (Doctoral dissertation, Western Carolina University). Western Carolina University Graduate School.
- [45] McLean, G. M. T., Lambeth, S., and Mavin, T. (2016). The use of simulation in ab initio pilot training. *The International Journal of Aviation Psychology*, 26(1–2), 36–45. <https://doi.org/10.1080/10508414.2016.1235364>
- [46] Lazic, D. A., Grujic, V., and Tanaskovic, M. (2022). The role of flight simulation in flight training of pilots for crisis management. *South Florida Journal of Development*, 3(3), 3624–3636. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n3-046>
- [47] Gorowsky, H. (2019). The pilot shortage explained. Perpetua: *The UAH Journal of Undergraduate Research*, 3(2), 15–26. <https://louis.uah.edu/perpetua/vol3/iss2/2> (Erişim tarihi: 30.11.2024).
- [48] Keller, J., Mendonca, F., Cutter, J., and Mavin, T. (2020). Justification and development of competencies to transform a collegiate aviation flight program. *The Journal of Competency-Based Education*, 5(3), e1216. <https://doi.org/10.1002/cbe2.1216>
- [49] Aydoğan, S. (2023). *Havayolu sektörüne yönelik, EASA düzenlemelerine genel bakış*. Kapadokya Üniversitesi Yayınları. <https://doi.org/10.35250/kun/9786054448654>
- [50] Federal Aviation Administration. (2018). *Aviation accidents statistical graph showing that 80 percent of all aviation accidents*. FAA Handbooks and Manuals, from <https://www.faa.gov/> (Erişim tarihi: 19.01.2025)

- [51] Socha, V., Socha, L., Szabo, S., Hana, K., Gazda, J., Kimlickova, M., Vajdova, I., Madoran, A., Hanakova, L., Nemec, V., Puskas, T., Schlenker, J. and Rozenberg, R. (2016). Training of pilots using flight simulator and its impact on piloting precision. *Proceedings of the 20th International Scientific Conference – Transport Means*, 374–379.
- [52] Taylor, H. L., Talleur, D. A., Emanuel, T. W., & Rantanen, E. (2005). *Effectiveness of flight training devices used for instrument training* (Final Technical Report AHFD-05-9/FAA-05-4) [Technical report]. Aviation Human Factors Division, University of Illinois at Urbana-Champaign; Federal Aviation Administration. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3950.5685>
- [53] Duggar, J. W., Smith, B. J. and Harrison, J. (2009). International supply and demand for U.S. trained commercial airline pilots. *Journal of Aviation Management and Education*, 1–16. <https://www.researchgate.net/publication/237113043> (Erişim tarihi: 24.12.2024)
- [54] Adanov, L. M., Macintyre, A. and Efthymiou, M. (2020). An exploratory study about the challenges with pilot training and recruitment in Europe. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 1(2), 44–52. <https://doi.org/10.23890/ijast.vm01is02.0201>
- [55] Biertümpfel, F., Annon, C. and Pfifer, H. (2024). Hands-on flight dynamics and controls teaching using flight simulators. *IFAC-PapersOnLine*, 58(16), 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.493>
- [56] Dahlström, N. (2007). Pilot training in our time – Use of flight training devices and simulators. *Aviation*, 12(1), 22–27. <https://doi.org/10.3846/1648-7788.2008.12.22-27>
- [57] Oolbekkink, B. (2006). Flight simulation for the PC-21 project. In *Proceedings of the 25th International Congress of the Aeronautical Sciences (ICAS 2006)*. Hamburg, Germany: International Council of the Aeronautical Sciences.
- [58] Gołebiewski, M., Galant-Gołebiewska, M., and Jasiński, R. (2022). Flight simulator's energy consumption depending on the conditions of the air operation. *Energies*, 15(2), 580. <https://doi.org/10.3390/en15020580>
- [59] Maciejewska, M., Kurzawska-Pietrowicz, P., Galant-Gołebiewska, M., Gołebiewski, M. and Jasiński, R. (2024). Ecological and cost advantage from the implementation of flight simulation training devices for pilot training. *Applied Sciences*, 14(18), 8401. <https://doi.org/10.3390/app14188401>

- [60] Mevlütoğlu, A. (2010). Uçuş Eğitiminde Simülatörler. *Mühendis ve Makina*, 54(636), 17–25.
- [61] Bernard, M. (2012). Real learning through flight simulation: *The ABCs of ATDs*. *FAA Safety Briefing*, 51(4), 8–10. Federal Aviation Administration.
- [62] European Union Aviation Safety Agency. (2018). *Certification specifications for aeroplane flight simulation training devices (CS-FSTD(A))*. European Union Aviation Safety Agency.
- [63] Dolzhenko, N., Assilbekova, I., Abzhapbarova, A., Mussayeva, G., and Sarzhanov, T. (2024). Unification of training programs for aviation professionals as a flight safety criterion. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 16, e0124. <https://doi.org/10.1590/jatm.v16.1320>.
- [64] <https://www.havelsan.com.tr/> (Erişim tarihi: 23.09.2025).
- [65] Rice, J. (2019). *A comparison of pilot upset recovery performance in simulation and flight* (Doctoral dissertation, University of Iowa). University of Iowa, Iowa Research Online. <https://doi.org/10.17077/etd.005195>.
- [66] Federal Aviation Administration. (1991). *AC 120-40B: Airplane simulator qualification*. Federal Aviation Administration..
- [67] Federal Aviation Administration. (2009). Technology soars into tomorrow. *FAA Aviation News*. <https://bookstore.gpo.gov> (Erişim tarihi: 13.11.2024).
- [68] Jo, S. K. H. (2014). Development of jet training FTD overhead system. *Open Journal of Applied Sciences*, 4(7), 423–428. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.47041>
- [69] Federal Aviation Administration. (2017). Notice N 8900.407: *Guidance on helicopter flight training device (FTD) and full flight simulator (FFS) maneuvers and procedures table*. Federal Aviation Administration. <http://fsims.avs.faa.gov> (Erişim tarihi: 16.03.2025).
- [70] <https://simbird.com/> (Erişim tarihi: 13.11.2024).
- [71] European Union Aviation Safety Agency. (2023). *Easy Access Rules for Aeroplane Flight Simulation Training Devices (CS-FSTD(A)) – Issue 2*. European Union Aviation Safety Agency.
- [73] Piechoczek, B., ve Bazela, A. (2013). Flight navigation procedure trainer – new potentiality. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 20(1), 301–308. <https://doi.org/10.5604/12314005.1138277>

- [74] European Union Aviation Safety Agency. Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices (CS-FSTD(A)), *Issue 2*. 2018.
- [75] Kılıç, B., and Soran, S. (2019). How can an ab-initio pilot avert a future disaster: A pedagogical approach to reduce the likelihood of future failure. *Journal of Aviation*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.30518/jav.508336>.
- [76] Hüseyinliklioğlu, A. O. (2021). Havacılık sektörünün pilot eğitiminde sürdürülebilir rekabete etkisi. *Journal of Aviation Research*, 3(2), 150–172. <https://doi.org/10.51785/jar.903139>
- [77] Marques, E., Carim, G., Campbell, C., and Mavin, T. (2023). Ab initio flight training: A systematic literature review. *International Journal of Aerospace Psychology*, 33(2), 99–119. <https://doi.org/10.1080/24721840.2023.2202433>
- [78] Çınar, N. (2021). İyi bir sistematik derleme nasıl yazılmalı? *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 310–314. <https://dergipark.org.tr/en/pub/otsbd/issue/64977/956523> (Erişim tarihi: 11.11.2024)
- [79] Yıldız, A. (2021). Sistematik literatür taramasına bir araştırma metodolojisi olarak genel bakış. *Journal of Scientific Perspectives*, 5(1), 185–200. <https://doi.org/10.47750/jsp.2021.5.1.13>
- [80] Yavuz, N. (2022). Sosyal bilimlerde sistematik literatür taraması. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 54, 167–182. Erişim adresi: <https://doi.org/10.30794/pausbed.1134606>
- [81] Güneş, D., ve Erdem, R. (2017). Nitel araştırmaların analizi: Meta-sentez. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(4), 213–232.
- [82] Dahlström, N., Dekker, S. W. A., van Winsen, R. and Nyce, J. M. (2009). Fidelity and validity of simulator training. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10(4), 305–314. <https://doi.org/10.1080/14639220802368864>
- [83] Casner, S. M., Geven, R. W. and Williams, K. T. (2013). The effectiveness of airline pilot training for abnormal events. *Human Factors*, 55(3), 477–485. <https://doi.org/10.1177/0018720812466893>
- [84] Landman, A., van Oorschot, P., van Paassen, M. M. (René), Groen, E. L., Bronkhorst, A. W. and Mulder, M. (2018). Training pilots for unexpected events: A simulator study on the advantage of unpredictable and variable scenarios. *Human Factors*, 60(6), 793–805. <https://doi.org/10.1177/001872081877992>

- [85] Myers, P. L. III, Starr, A. W. and Mullins, K. (2018). Flight simulator fidelity, training transfer, and the role of instructors in optimizing learning. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 5(1), Article 6. <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2018.1203>
- [86] Longridge, T., Bürki-Cohen, J., Go, T. H. and Kendra, A. J. (2001). Simulator fidelity considerations for training and evaluation of today's airline pilots. In *Proceedings of the 11th International Symposium on Aviation Psychology* (1-7), OH: The Ohio State University.
- [87] Jentsch, F., Curtis, M. and Salas, E. (Eds.). (2011). *Simulation in aviation training*. Farnham, UK: Ashgate Publishing. (Reprinted 2016 by Routledge). <https://doi.org/10.4324/9781315588980>
- [88] Nowak, M., Jasiński, R. and Galant, M. (2018). Implementation of the LTO cycle in flight conditions using FNPT II MCC simulator. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 421(4), 042060. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/421/4/042060>
- [89] Haslbeck, A., Schubert, E., Onnasch, L., Hüttig, G., Bubb, H., and Bengler, K. (2012). Manual flying skills under the influence of performance shaping factors. *Work*, 41(Supplement 1), 178–183. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0153-178>
- [90] Koglbauer, I., Riesel, M. and Braunstingl, R. (2016). Positive effects of combined aircraft and simulator training on the acquisition of visual flight skills. *Cognition, Brain, Behavior: An Interdisciplinary Journal*, 20(4), 309–318. <https://www.researchgate.net/publication/312173853>
- [91] Koglbauer, I. (2016). Simulator training improves pilots' procedural memory and generalization of behavior in critical flight situations. *Cognition, Brain, Behavior: An Interdisciplinary Journal*, 20(4), 357–366.
- [92] Somerville, A., Lynar, T. and Wild, G. (2023). The nature and costs of civil aviation flight training safety occurrences. *Transportation Engineering*, 12, 100182. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100182>
- [93] Hampton, S., Truong, D., Byrnes, K., and Techau, T. (2017). Pilot training metrics at a Part 141 university training program. In *Proceedings of the 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3087>
- [94] Prayitno, H., Ekohariadi, Cholikh, M., Suprianto, B. and Qiram, I. (2023). Impact of flight simulator training on enhancing situational awareness among aviation vocational education cadets. *Proceedings of the 2023 IEEE International Conference of Computer Science and Information Technology: The Role of*

Artificial Intelligence Technology in Human and Computer Interactions in the Industrial Era 5.0 (ICOSNIKOM 2023). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/ICoSNIKOM60230.2023.10364549>

- [95] J. H. Mott and D. M. Bullock, (2015) Improving Training Aircraft Utilization in Collegiate Flight Programs: A Case Study at Purdue University, *UAA Collegiate Aviation Review*, vol. 33(1), 60–77.
- [96] Dubena R, Thomas RL. (2024) *Collegiate Aviation Review International* Time and Cost to Complete Instrument Training Based on Flight Block Times, <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/9762/8777> <http://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/cari> (Erişim tarihi. 16.02.2025)
- [97] Galant M, Nowak M, Kardach M, (2019) Using the simulation technique to improve efficiency in general aviation. In: *AIP Conference Proceedings*. American Institute of Physics Inc.,. Epub ahead of print 4 March 2019. DOI: 10.1063/1.5092100.
- [98] Amornpipat, I. (2023). The literature review for implementing competency-based training and assessment (CBTA) for Thai pilots. In *Proceedings of the 15th Hatyai National and International Conference*, 234–242. Kasem Bundit University, Aviation Personnel Development Institution.
- [99] Dahlstrom, N. (2016). Current aspects on aviation training and its relevance for safety [Conference paper]. <https://www.researchgate.net/publication/308016194> (Erişim tarihi: 17.11.2024).
- [100] . Avendaño G, Wilkins KJ. (2024). *Collegiate Aviation Review International* An exploratory review of transfer policies for certified private pilots in collegiate flight programs, <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/9973/8818>. (Erişim tarihi: 12.11.2024)
- [101] Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ę¼. (2025) *Pilot lisansı almak için uçuş okullarına başvuracak öğrenci adaylarına yönelik duyuru*. Ankara: SHGM., from <https://web.shgm.gov.tr> (Erişim tarihi: 23.09.2025)
- [102] Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi. (2025). *Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) yükseköğretim programları ve kontenjanları kılavuzu*. <https://ais.osym.gov.tr> (Erişim tarihi: 12.09.2025).
- [103] Brady, T. (2014). The impact on educational technology of a fatal airline accident: A case study. *Proceedings of the International Conference on ICT for Education (ICICTE 2014)*. Embry-Riddle Aeronautical University, United States of America. (Erişim tarihi: 17.12.2024).

- [104] Lubner, M., Dattel, A. R., Henneberry, D. and DeVivo, S. (2015). Follow-up examination of simulator-based training effectiveness. In *Proceedings of the 18th International Symposium on Aviation Psychology*, 530–53. Wright State University.
- [105] Lubner, M., Dattel, A. R., Allen, E., Henneberry, D., and DeVivo, S. (2019). Six-year follow-up of intensive, simulator-based pilot training. In *Proceedings of the 20th International Symposium on Aviation Psychology*, 450–455. Wright State University. https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2019/76_94 (Erişim tarihi: 12.01.2025)
- [106] Dattel, A. R., Henneberry, D., and DeVivo, S. (2015). Four-year follow-up of intensive simulator-based pilot training. *Proceedings of the International Symposium on Aviation Psychology (ISAP)*. Wright State University. https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2015/17 (Erişim tarihi: 17.12.2024)
- [107] Bombardelli, R. Matias, E. Mieskalo, R. Ravel, D.(2022) Real, and C. Viana, Use of Flight Training Devices on Brazilian Airline Pilots Recurrent Training, *Capstone Project, Embry-Riddle Aeronautical University, São Paulo, Brazil*.
- [109] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ę¼. (2024). *Uçak, helikopter, dikey kalkışlı hava aracı ve hava gemisi pilotu lisanslandırma talimatı (SHT-FCL)*. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ę¼.
- [110] Reweti, S. (2014). *PC-based aviation training devices for pilot training in visual flight rules procedures: Development, validation and effectiveness* (Doctoral Thesis, Massey University). Massey University Research Archive.
- [111] M. J. Khan, M. Rossi, and S. F. Ali, (2004). “Using a low-cost flight simulation environment for interdisciplinary education,” in *Proc. 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Salt Lake City, UT, USA, Paper No. 2004-1501.
- [112] Crider DA. (2017) The Use of Data from Accident Investigations in Development of Simulator Training Scenarios. In: *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference*. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics. Epub ahead of print. DOI: 10.2514/6.2017-1078.
- [113] Puncreobutr, V. and English, E. (2016). Pilot learning and teaching management in Thailand. *SSRN Electronic Journal*. <https://ssrn.com/abstract=2772832> (Erişim tarihi: 18.12.2024)
- [114] Taylor D. A. Talleur W., M Rantanen, (2005). Transfer of Training Effectiveness of a Flight Training Device (FTD), *International Symposium on Aviation Psychology*,

https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2005https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2005/132. (Erişim tarihi: 15.01.2025)

- [115] Orlando, C., and Esposito, A. (2024). A bachelor's degree course on principle of flight simulation. *IFAC-PapersOnLine*, 58(16), 223–228. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.490>
- [116] Aleksandrovich, K. V. (2024). Methods of effective training of trainee pilots for co-pilot work. *The American Journal of Engineering and Technology*, 6(8), 48–54. <https://doi.org/10.37547/tajet/Volume06Issue08-06>
- [117] Arch, D. D. (2007). A comparative analysis of Title 14 Code of Federal Regulations Part 141 flight programs. *International Journal of Aviation Research*, 1(1), 1–
<https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/IJAR/article/view/8142>
- [118] Field, J. N. and Shikany, D. A. (2013). Simulator fidelity requirements for upset prevention and recovery training (NLR-TP-2013-410). Amsterdam, The Netherlands: *National Aerospace Laboratory NLR*. <http://www.nlr.nl> (Erişim tarihi: 16.12.2024)
- [119] Goetz, S., Harrison, B. and Robertson, M. (2012). Use of simulation in visual flight training: The effect on time to solo. *Collegiate Aviation Review International*, 30(2), 53–69. University Aviation Association. <https://doi.org/10.22488/okstate.20.100448>
- [120] Al-Romaithi, S. A. K. (2006). *An airline ab initio flight training program in the United Arab Emirates (UAE): An analytical approach toward Emiratization* (Master's thesis, Embry-Riddle Aeronautical University). ERAU Scholarly Commons.
- [121] Lobar S, Myagkova P, Pashkov M. (2020) Research on air legislation requirements necessary for training competent commercial pilot for the purpose of sustainable development of the civil aviation of the Russian federation. In: *E3S Web of Conferences. EDP Sciences*. DOI: 10.1051/e3sconf/202020806020.
- [122] Rozenberg, R., Kaľavský, P., Ďurčo, S. and Petriček, P. (2017). The training of civilian pilots in Slovakia. In *Aeronautika XVII* (pp. 322–326). Košice, Slovakia: Technical University of Košice. ISBN 978-83-60617-49-6
- [123] Snody, J. W. (2002). Inadequate flight training. In *Proceedings of the AIAA Aircraft Technology, Integration, and Operations (ATIO) 2002 Technical Forum* (pp. 1–12). American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2002-5836>

- [124] International Civil Aviation Organization. (2024). *Competency-based training and assessment (CBTA) expansion within the aviation system: White paper*. International Civil Aviation Organization.
- [125] Tuhkala, A., Heilala, V., Lämsä, J., Helovuoto, A., Tynkkynen, I., Lampi, E., Sipiläinen, K., Hämäläinen, R., Kärkkäinen, T. (2024). The interconnection between evaluated and self-assessed performance in full flight simulator training. *Vocations and Learning*, 17(2), 253–276. <https://doi.org/10.1007/s12186-023-09339-6>
- [126] Sun, H., Zhou, X., & Zhang, P. (2023). *Competency-based assessment of pilots' manual flight performance during instrument flight training*. *Cognition, Technology & Work*, 25(4), 345–356. <https://doi.org/10.1007/s10111-023-00737->.
- [127] Rurak, A. (2016). Simulators in the process of flight training. *Safety and Defense*, 2(1), 1–9. Polish Air Force Academy. <https://doi.org/10.37105/sd.25>
- [128] Neal, J., Fussell, S., & Hampton, S. (2020). *Research recommendations from the airplane simulation transfer literature*. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*. <https://doi.org/10.15394/jaaer.2020.1830>
- [129] Krivanek Vaclav. *ICMT (2019) : 7th International Conference on Military Technologies : conference proceedings 2019, Brno, Czech Republic*. University of Defence in Brno, Faculty of Military Technology, 2019.
- [130] Rizvi, S. A. Q., Kearns, S., and Cao, S. (2024). Quantifying the environmental impact of private and commercial pilot license training in Canada. *Air*, 2(2), 162–177. MDPI. <https://doi.org/10.3390/air2020010>
- [131] Kaymaz, Ö. (2023). Sivil havacılıkta aday pilotların eğitim giderlerinin muhasebeleştirilmesi. *Journal of Aviation Research*, 5(2), 115–128. <https://doi.org/10.51785/jar.1323477>
- [132] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2023). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü istatistikler 2023*. Ankara: SHGM. <https://web.shgm.gov.tr> (Erişim tarihi: 13.12.2024)
- [133] Li, Q., Li, B., Wang, N., Li, W., Lyu, Z., Zhu, Y. and Liu, W. (2021). Human–machine interaction efficiency factors in flight simulator training towards Chinese pilots. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1206. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51064-0_4

- [134] Fanjoy, R. O., and Young, J. P. (2001). The transfer of flight training procedures from an advanced airline flight simulator to the classroom. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*, 19(1), 41–48. <https://doi.org/10.15394/jaaer.2001.1238>
- [135] Djabborov, S. X. (2024). The future of pilots training. *Pedagogical Cluster – Journal of Pedagogical Developments*, 2(3), 293–300. <https://euroasianjournals.org/index.php/pc/index> (Erişim tarihi: 25.12.2024)
- [136] Bürki-Cohen, J., Sparko, A. L. and Bellman, M. (2011). Flight simulator motion literature pertinent to airline-pilot recurrent training and evaluation. In *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference* (AIAA 2011-6320). Portland, OR: American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2011-6320>
- [137] McDermott, J. (2007). Student enthusiasm for Part 135 flight simulations. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*, 16(3), Article 8. <https://doi.org/10.15394/jaaer.2007.1467>
- [138] S. Goetz, B. Harrison, and J. Voges, (2015) The Use of FAA Flight Training and Aviation Training Devices at UAA Institutions, *Collegiate Aviation Review*, vol. 33(1). 44–59.
- [139] Callender M, Gossett S, Dornan W. (2009) Results from the First FAA Industry Training Standards (FITS) Commercial Pilot Training Course-a Student's Perspective, *International Symposium on Aviation Psychology – ISAP* https://corescholar.libraries.wright.edu/isap_2009<https://corescholar.libraries.wright.edu/isap>. (Erişim tarihi: 25.12.2024)
- [140] European Union Aviation Safety Agency. (2020). *Easy access rules for aircrew (Regulation (EU) No 1178/2011, Part-FCL)*. Cologne: EASA.
- [141] Brady, T. (2000). Pilot education: The beginnings. *Journal of Aviation/Aerospace Education and Research*, 10(2), 1–8. <https://doi.org/10.15394/jaaer.2000.1251>

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0006-5613-0455

Ad Soyad : Hurşit Deniz ÖZERDOĞAN

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2010, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Öğretmenliği, Anabilim Dalı

- 2017, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Anabilim Dalı

- 2018 – Halen, Makine Mühendisi, Özel Sektör, Makine Tasarım

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2017, Makine Mühendisleri Odası, ESKİŞEHİR