



**UÇAK SEÇİMİ PROBLEMLERİNDE ÇOK-
ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME: DÜŞÜK
MALİYETLİ HAVAYOLU İÇİN ANALİTİK
HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) TABANLI BİR
YAKLAŞIM**

Yüksek Lisans Tezi

Hatice YÜCEL

Eskişehir 2025

**UÇAK SEÇİMİ PROBLEMLERİNDE ÇOK-ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME:
DÜŞÜK MALİYETLİ HAVAYOLU İÇİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ
(AHP) TABANLI BİR YAKLAŞIM**

Hatice YÜCEL

Yüksek Lisans Tezi

Sivil Havacılık Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlkay ORHAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2025

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hatice YÜCEL'in UÇAK SEÇİMİ PROBLEMLERİNDE ÇOK-ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME: DÜŞÜK MALİYETLİ HAVAYOLU İÇİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) TABANLI BİR YAKLAŞIM başlıklı çalışması 18/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Sivil Havacılık Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi İlkay ORHAN

Üye

: Prof. Dr. Muzaffer KAPANOĞLU

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre SARILGAN

Prof. Dr. Harun BÖCÜK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Hatice YÜCEL, UÇAK SEÇİMİ PROBLEMLERİNDE ÇOK-ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME: DüşüK MALİYETLİ HAVAYOLU İÇİN ANALİTİK HİYERARşİ SÜRECİ (AHP) TABANLI BİR YAKLAşIM başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmştır.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi İlkey ORHAN

ÖZET

UÇAK SEÇİMİ PROBLEMLERİNDE ÇOK-ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME: DÜŞÜK MALİYETLİ HAVAYOLU İÇİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) TABANLI BİR YAKLAŞIM

Hatice YÜCEL

Sivil Havacılık Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2025

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlkay ORHAN

Son yıllarda artan yolcu talebi ve uçak üretim süreçlerinde yaşanan gecikmeler, havayolu işletmelerini alternatif filo genişletme stratejileri geliştirmeye yöneltmiştir. Bu doğrultuda, düşük maliyetli havayolu şirketleri, ikinci el uçakları; maliyet avantajı, kısa teslimat süresi ve operasyonel esneklik gibi nedenlerle stratejik bir seçenek olarak değerlendirmektedir. Ancak ikinci el uçak seçimi, birbirinden farklı ve çoğu zaman çelişen çok sayıda kriterin dikkate alınmasını gerektiren çok kriterli bir karar problemidir. Bu tez çalışmasında, söz konusu karar sürecini analitik ve sistematik biçimde modellemek amacıyla AHP yöntemi uygulanmıştır. Literatürde genellikle farklı üreticilere veya yeni uçak modellerine odaklanan çalışmaların aksine, bu çalışmada aynı üreticiye ait ikinci el uçaklar ele alınmıştır. İki farklı modelden üç uçak (iki adet Boeing 737-800 ve bir adet Boeing 737-8 MAX), teknik özellikler, maliyet, emniyet geçmişi ve planlı bakım durumu olmak üzere dört ana kriter çerçevesinde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hem düşük maliyetli havayolu işletmeleri için hem de ikinci el uçak piyasası açısından özgün ve uygulanabilir bir karar destek modeli sunmakta, literatüre nitelikli bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Çok kriterli karar verme, Analitik hiyerarşi süreci (AHP), Düşük maliyetli havayolu şirketleri, Karar destek sistemi, Hava-uzay ulaşım

ABSTRACT

MULTI-CRITERIA DECISION MAKING IN AIRCRAFT SELECTION PROBLEMS: AN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)- BASED APPROACH FOR LOW- COST AIRLINES

Hatice YÜCEL

Department of Civil Aviation

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2025

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İlkey ORHAN

In response to escalating passenger demand and persistent delays in aircraft manufacturing, airlines have increasingly sought alternative strategies for fleet expansion. Within this framework, low-cost carriers prioritize used aircraft acquisitions due to their cost efficiency, reduced lead times, and enhanced operational flexibility. The selection process for used aircraft, however, constitutes a complex multi-criteria decision-making challenge, encompassing numerous often competing technical, economic, and operational factors. This thesis employs the AHP to systematically and rigorously model this decision-making framework. Diverging from extant literature, which predominantly centers on comparisons across different manufacturers or newly produced aircraft models, the present study focuses on second-hand aircraft from a single manufacturer. Specifically, three aircraft spanning two distinct models - two Boeing 737-800s and one Boeing 737-8 MAX - are evaluated against four principal criteria: technical specifications, cost parameters, safety records, and scheduled maintenance compliance. This research contributes a novel and pragmatic decision support tool tailored to the nuanced requirements of low cost carriers fleet acquisition strategies and the used aircraft market, thereby enriching both academic discourse and industry practice.

Keywords: Multi-criteria decision making, Analytical hierarchy process (AHP), Low-cost carriers, Decision support system, Aero-space transportation

TEŞEKKÜR

Bu tez yolculuğumda her aşamada yanımda olan, bilgi birikimi, sabrı ve desteğiyle bana yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İlkay ORHAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin desteği olmasaydı, bu çalışmayı tamamlamam mümkün olmazdı. Vazgeçmeyi öğretmeyen annem Mükü'ye, emeğimin karşılığını alacağıma olan inancımı hep taze tutan Selocan ve Kübra'ya, her koşulda yanımda olan canım Serkan'a kalpten teşekkürler. Benimle yürüdüğünüz için çok şanslıyım.

Hatice YÜCEL



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

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

Hatice YÜCEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

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.....	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
1.2. Tezin Yapısı	6
2. DÜŞÜK MALİYETLİ HAVAYOLU İŞLETMELERİNİN GENEL YAPISI	8
2.1. Düşük Maliyetli Havayolu İş Modeli.....	8
2.2. Geleneksel Havayolu İş Modeli.....	12
2.3. Geleneksel Havayolu İş Modeli ve Düşük Maliyetli Havayolu İş Modeli Arasındaki Farklar	14
2.4. Düşük Maliyetli Havayollarında Filo Yönetimi ve Uçak Seçiminin Önemi.....	16
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	18
4. DÜŞÜK MALİYETLİ BİR HAVAYOLU İÇİN UÇAK SEÇİMİNDE DİKKATE ALINAN KRİTERLER VE VERİ SETİ.....	28
4.1. Uçağın Tasarım Özellikleri	29

4.1.1. Maksimum uçuş mesafesi (km).....	20
4.1.2. Yakıt verimliliği (km/L).....	24
4.1.3. Maksimum kargo kapasitesi (m^3).....	26
4.1.4. Maksimum yakıt kapasitesi (L)	28
4.1.5. Kanat ucu komponentleri (winglet)	28
4.1.5.1. <i>Blended tip kanat ucu komponenti (Blended winglet)</i>	29
4.1.5.2. <i>Split scimitar kanat ucu komponenti (Split scimitar winglet)</i>	40
4.1.5.3. <i>Gelişmiş teknoloji kanat ucu komponenti (Advanced technology winglet)</i>	41
4.2. Maliyet.....	42
4.2.1. Koltuk mil maliyeti	42
4.2.2. İşletme maliyeti	44
4.2.3. Uçağın maliyeti.....	44
4.2.4. Filo standardizasyonunun maliyet etkisi	46
4.3. Emniyet Geçmişi.....	48
4.3.1. Kaza/Kırım durumu	48
4.3.2. Kronik arızalar	49
4.4. Uçağın Bakım Durumu.....	50
4.4.1. Uçuşa elverişlilik direktifi durumu (AD).....	50
4.4.2. Bakım planlama dokümanı durumu (MPD).....	51
4.4.3. Ömür sınırı ve hizmet ömrü sınırlı komponent durumu (LLP, HT).....	52
4.5. Veri Seti.....	55
5. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI	58
5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi.....	59
5.2. AHP Sürecinin Bir Karar Destek Modeli Olarak İşlevi.....	66
6. YAKLAŞIMIN UYGULANMASI VE ÇÖZÜMLERİN DEĞERLENDİRMESİ	69
6.1. AHP ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	70

6.2. AHP ile Ana Kriterlerin Altındaki Alt Kriterlerinin ve Alternatiflerin Değerlendirilmesi.....	72
6.3. En İyi Alternatifin Belirlenmesi.....	76
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKÇA.....	82
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. FSC ve LCC özelliklerinin karşılaştırma tablosu	6
Tablo 4.1. AHP yöntemiyle uçak seçimi için belirlenen kriterler ve alt kriterler	29
Tablo 4.2. Boeing 737 MAX modelinin varyasyonları.....	33
Tablo 4.3. Boeing 737 NG modelinin varyasyonları	34
Tablo 4.4. Tasarım özellikleri, maliyet ve emniyet geçmişi ana kriterleri veri seti.....	56
Tablo 4.5. Uçağın bakım durumu ana kriteri veri seti	57
Tablo 5.1. AHP karar ölçeği açıklamaları.....	64
Tablo 5.2. Tutarlılık indeksi.....	66
Tablo 6.1. Ana kriterler düzeyinde ikili karşılaştırmalar matrisi	71
Tablo 6.2. Ana kriterler düzeyinde normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi	71
Tablo 6.3. Ana kriterlerin özvektör gösterimi.....	72
Tablo 6.4. Ana kriterlerin özdeğer gösterimi	72
Tablo 6.5. Tasarım özellikler ana kriterinin alt kriterleri KKM	73
Tablo 6.6. Maliyet ana kriterinin alt kriterleri KKM	73
Tablo 6.7. Emniyet geçmişi ana kriterinin alt kriterleri KKM.....	74
Tablo 6.8. Uçağın bakım durumu ana kriterinin alt kriterleri KKM.....	74
Tablo 6.9. Maksimum uçuş mesafesi (km) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	74
Tablo 6.10. Yakıt verimliliği (km/L) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	74
Tablo 6.11. Maksimum kargo kapasitesi (m^3) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	74
Tablo 6.12. Maksimum yakıt kapasitesi (L) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	75
Tablo 6.13. Kanat ucu komponentleri (winglet) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	75

Tablo 6.14. Koltuk mil maliyeti alt kriterinin alternatifleri ikili karşılaştırma matrisi	75
Tablo 6.15. İşletme maliyeti alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	75
Tablo 6.16. Uçağın maliyeti alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	75
Tablo 6.17. Kaza/Kırım durumu alt kriterinin alternatiflerinin ikili karşılaştırma matrisi	75
Tablo 6.18. Kronik arızalar alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	76
Tablo 6.19. AD durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	76
Tablo 6.20. MPD durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	76
Tablo 6.21. HT komponent durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.....	76
Tablo 6.22. LLP komponent alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi	76
Tablo 6.23. Alternatiflerin ağırlıklandırılmış toplam puanlarının gösterimi matrisi	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Ortalama Uçuş Mesafesinin Evrimi (Aylık)	32
Şekil 4.2. Blended Winglet.....	40
Şekil 4.3. Split Scimitar Winglet.....	41
Şekil 4.4. Advanced Technology Winglet.....	42
Şekil 4.5. Kiralanan Uçakların Evrimi	45
Şekil 4.6. Kullanılmış Uçaklar için Yeni Kiralamaların Ortalama Hacmi	45
Şekil 5.1. AHP Akış Şeması.....	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A319	: Airbus A319 Model Uçak
A320	: Airbus A320 Model Uçak
AD	: Airworthiness Directive (Uçuşa Elverişlilik Direktifi)
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
AMM	: Aircraft Maintenance Manual (Uçak Bakım El Kitapları)
AMP	: Aircraft Maintenance Program (Uçak Bakım Programı)
ANP	: Analytic Network Process (Analitik Ağ Süreci)
APB	: Aviation Partners Boeing (Boeing Havacılık Partnerleri)
APU	: Auxiliary Power Unit (Yardımcı Güç Ünitesi)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
B737	: Boeing 737 Model Uçak
CASM	: Cost per Available Seat Mile (Bir Mil Boyunca Bir Koltuğun İşletilebilmesi için Harcanan Maliyet)
CFR	: Code of Federal Regulations (Federal Yönetmelikler Kodu)
CI	: Tutarlılık İndeksi
CO_2	: Karbondioksit
COPRAS	: Complex Proportional Assessment (Karmaşık Oransal Değerlendirme)
CR	: Tutarlılık Oranı
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (Karar Verme Süreci Deneme ve Değerlendirme Yöntemi)
EASA	: European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Birliği Havacılık Güvenliği Ajansı)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık Yönetimi)

FAHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy Analitik Hiyerarşi Süreci)
FC	: Flight Cycle (Uçuş Döngüsü)
FSNC	: Full-Service National Carrier (Tam Hizmet Sunan Ulusal Taşıyıcılar)
GAMS	: General Algebraic Modeling Systems (Genel Cebirsel Modelleme Sistemi)
GDS	: Global Dağıtım Sistemi
HST	: High Speed Train (Yüksek Hızlı Tren)
HT	: Hard Time (Hizmet Ömrü Sınırlı Parça)
IATA	: Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IT2FAHP	: Interval Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
IT2FTOPSIS	: Interval Tip-2 Bulanık Benzerlik Yöntemiyle Sıralama
KDS	: Interval Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
LFPP	: Interval Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
LLP	: Life Limited Part (Kullanım Ömrü Sınırlı Parça)
LPP	: Linear Physical Programming (Doğrusal Fiziksel Programlama)
MCDM	: Multi-Criteria Decision Making (Çok Kriterli Karar Verme)
MEL	: Minimum Equipment List (Minimum Ekipman Listesi)
MMEL	: Master Minimum Equipment List (Master Minimum Ekipman Listesi)
MLG	: Main Landing Gear (Ana İniş Takımı)
MPD	: Maintenance Planning Document (Bakım Planlama Dokümanı)
MTOW	: Maximum Takeoff Weight (Maksimum Kalkış Ağırlığı)
MOORA	: Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis (Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi)
NAIADE	: Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (Belirsiz Değerlendirme ve Karar Ortamlarına Yeni Yaklaşım)

NLG	: Nose Landing Gear (Burun İniş Takımı)
NO_x	: Azot Oksitler
PCM	: Pairwise Comparison Matrix (İkili Karşılaştırma Matrisi)
RI	: Rastgele Tutarlılık İndeksi
SAW	: Simple Additive Weighting (Basit Toplamalı Ağırlıklandırma)
SB	: Service Bulletin (Servis Bülten)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHT-CAM	: Sürekli Uçuşa Elverişlilik Yönetim Talimatı
SHT-M	: Sürekli Uçuşa Elverişlilik Bakım Sorumluluğu Talimatı
SL	: Service Letters (Servis Notları)
SWAM	: Simple Weighted Arithmetic Mean (Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama)
SWARA	: Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi)
SWGMM	: Simple Weighted Geometric Mean (Küresel Ağırlıklı Geometrik Ortalama)
TAPS	: Twin Annular Pre-Swirl (Çift Halkalı Ön Türbülans)
TOPSIS	: The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme En Yakınlık Temelli Sıralama Tekniği)
TRL	: Technology Readiness Level (Yüksek Teknoloji Hazırlık Seviyesi)
Λ_{max}	: Maksimum Özdeğer
Ω	: PCM'in Boyutu

1. GİRİŞ

Havacılık sektörü, insanlık tarihinin en hızlı gelişen ve en etkili ulaşım alanlarından biri olarak, yalnızca teknolojik ilerlemelerin değil aynı zamanda ekonomik ve sosyo-kültürel dönüşümlerin de güçlü bir itici gücü haline gelmiştir. 1903 yılında Wright kardeşlerin gerçekleştirdiği ilk motorlu uçuşla temelleri atılan modern havacılık, 20. yüzyıl boyunca savaş teknolojileri, sanayi devrimleri, küreselleşme ve dijitalleşme gibi birçok dinamikle etkileşime girerek çok boyutlu bir evrim süreci geçirmiştir (Virgil Petrescu vd., 2017). 1950’li yıllarda jet motorlu yolcu uçaklarının ticari filolara girmesiyle birlikte sektördeki büyüme ivme kazanmış; 1970’lerde geniş gövdeli uçakların devreye alınması, 1980’lerde ise deregülasyon süreçlerinin başlamasıyla rekabet artmış ve düşük maliyetli havayollarının yükselişi başlamıştır (Doganis, 2019). Günümüzde ise havacılık, uluslararası ticaretin, turizmin, kültürel etkileşimin ve acil insani yardımların küresel ölçekte yürütülmesini mümkün kılan vazgeçilmez bir altyapı unsuru olarak konumlanmaktadır (ICAO, 2019).

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA: International Air Transport Association) ve Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO: International Civil Aviation Organization) verileri, küresel yolcu sayısının ve kargo taşımacılığı hacminin her yıl artmakta olduğunu göstermektedir. 2020 yılında COVID-19 pandemisi nedeniyle yaşanan dramatik daralmanın ardından sektör, 2021 itibarıyla güçlü bir toparlanma sürecine ve 2023 yılı itibarıyla pandemi öncesi seviyeleri aşarak yeniden büyüme trendine girmiştir (IATA, 2023). Yolcu talebine bağlı artan hava trafiği, havayolu şirketlerinin filolarını büyütme ve yenileme yönündeki ihtiyaçlarını daha da ön plana çıkarmaktadır. Türkiye de iç ve dış hat toplam olmak üzere 2022 yılında Gelir Ton Kilometre (Revenue Tonne-Kilometres) 2021 yılına göre %39 artış göstermiştir (ICAO, 2022).

Ancak bu artan talebe paralel olarak sıfır uçak temininde yaşanan zorluklar, sektörün karşılaştığı önemli bir darboğaz haline gelmiştir. Yeni nesil yolcu uçaklarının üretim süreci; karmaşık tedarik zincirleri, ileri düzey mühendislik tasarımları, sıkı sertifikasyon süreçleri ve küresel çapta kısıtlı üretim kapasitesi gibi nedenlerle oldukça uzun ve maliyetlidir (http-1). COVID-19 sonrası dönemde üretici firmaların karşılaştığı lojistik sorunlar, iş gücü eksiklikleri ve artan talep, uçak teslimat sürelerinde önemli gecikmelere yol açmış ve bu durum üretici şirketleri finansal açıdan olumsuz etkilemiştir (http-2). Üretici firmalar ile havayolları arasında yapılan sözleşmelerde, teslimat takvimi ve gecikme durumlarına ilişkin özel hükümler yer almakta; teslimat gecikmeleri ise cezai

yaptırımlar ve sipariş iptali süreçlerini beraberinde getirmektedir (http-3). Boeing, teslimatlarda yaşanan gecikmeler nedeniyle yaklaşık 879 milyar ABD doları tutarında gelir kaybı yaşamış olup, bu miktar 737 MAX programından kaynaklanan toplam zararların %55,3'üne karşılık gelmektedir (Imanov ve Safaeimanesh, 2025). Aynı zamanda uçak maliyetlerinde ciddi artışlar gözlemlenmiş, Boeing ve Airbus gibi üreticiler ön sipariş taleplerine rağmen teslimat konusunda gecikmeler yaşamaya başlamıştır (Imanov ve Safaeimanesh, 2025).

Bu durum, filolarını hızla genişletmek veya yaşanan uçaklarını kısa vadede değiştirmek isteyen havayolu şirketlerini alternatif tedarik stratejilerine yöneltmiştir. Bu bağlamda, ikinci el uçak alım ve kiralama süreçleri günümüz havacılık sektöründe oldukça yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Özellikle operasyonel geçmişi bilinen, uygun bakım geçmişine sahip, ekonomik ömrü sürdürülebilir düzeyde olan ikinci el uçaklar; uygun maliyetleri, daha kısa teslimat süreleri ve finansal esneklik sağlamaları nedeniyle işletmeler için cazip bir alternatif oluşturmaktadır (Wandelt, Sun, ve Zhang, 2023). Kiralama şirketlerinin portföylerini bu yönde genişletmeleri, leasing pazarının büyümesi ve finansal kuruluşların bu alana yatırım yapması, ikinci el uçak piyasasının kurumsal ve küresel ölçekte profesyonelleştiğini ortaya koymaktadır (Marintseva ve Athousaki, 2024).

Ancak ikinci el uçak satın alma kararı, yalnızca ekonomik boyutlarıyla değil, aynı zamanda teknik ve operasyonel karmaşıklığıyla da çok boyutlu bir karar problemidir. Uçak tipi, yaşı, bakım ve onarım geçmişi, konfigürasyon uyumluluğu, performans verileri, sertifikasyon durumu, yakıt verimliliği, çevresel etkiler, gelecekteki bakım maliyetleri ve yeniden satış potansiyeli gibi birçok kriter, bu karar sürecinde birlikte değerlendirilmek zorundadır (Gaspar vd., 2021). Bu nedenle havayolu şirketlerinin, uçak tedarik kararlarını rasyonel ve bilimsel yöntemlerle yönetmeleri; kısa vadeli operasyonel ihtiyaçların yanı sıra uzun vadeli stratejik hedefleri de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, düşük maliyetli bir havayolu şirketinin (LCC: Low-Cost Carriers), ikinci el uçak satın alma süreci, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP: Analytic Hierarchy Process) kullanılarak analiz edilecektir. Çalışmada, teknik, operasyonel ve ekonomik faktörleri kapsayan kapsamlı bir kriter seti oluşturularak, bu kriterler doğrultusunda ikinci el uçak alternatifleri arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme gerçekleştirilecektir.

Değerlendirme süreci, AHP yöntemi aracılığıyla yapılandırılarak, karar vericilerin tercihlerini sistematik biçimde modele dâhil etmeye olanak tanıyacaktır. Araştırmanın temel amacı, havayolu işletmelerinin karşılaştığı bu çok boyutlu ve karmaşık karar sürecini daha nesnel ve analitik bir temele oturtmak; böylece daha rasyonel, sürdürülebilir ve rekabetçi satın alma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunmaktır. Uygulama bölümünde, filosunda B737-800 ve B737-8 MAX uçak modelleri bulunan düşük maliyetli bir havayolu şirketi için oluşturulan hipotetik bir senaryo üzerinden, seçilen uçak tipleri analiz edilerek ÇKKV yöntemlerinin karar süreçlerine nasıl entegre edilebileceği ortaya konacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

LCC'ler rekabet avantajlarını sürdürebilmek için uçak seçiminde stratejik ve rasyonel kararlar almak zorundadır. Uçak seçimi yalnızca satın alma maliyetiyle sınırlı kalmayıp; operasyonel giderler, yakıt tüketimi, filo homojenliği, bakım kolaylığı ve personel eğitimi gibi birçok değişkeni içeren çok boyutlu bir optimizasyon problemi hâline gelmektedir (Vidovic, Stimac ve Vince, 2013). Özellikle filo uyumluluğu, parça tedarik zincirinin sadeleştirilmesine, bakım süreçlerinin standardizasyonuna ve operasyonel esnekliğin artırılmasına olanak tanımaktadır (Zou, Yu ve Dresner, 2015). Bununla birlikte, yakıt verimliliği yüksek uçakların tercih edilmesi, artan yakıt maliyetleri ve sıkılaşan çevresel düzenlemeler karşısında LCC'lerin kârlılığını ve rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir (Kulaklı ve Yıldız, 2023).

Bu çerçevede, ikinci el uçak tedariki LCC'ler için cazip bir alternatif sunmakla birlikte, sürecin teknik, operasyonel ve finansal boyutları dikkate alındığında oldukça karmaşık bir karar problemi ortaya çıkmaktadır. Uçağın yaşı, uçuş saati, bakım ve onarım geçmişi, sertifikasyon durumu, konfigürasyon özellikleri ve mevcut filoyla teknik uyumluluğu gibi faktörler, değerlendirme sürecinde ÇKKV yaklaşımlarını zorunlu kılmaktadır. Uygun olmayan bir uçak seçimi, operasyonel etkinliğin düşmesine ve beklenmedik bakım maliyetleri nedeniyle maliyet avantajının ortadan kalkmasına yol açabilmektedir.

LCC'lerin maliyet etkinliği üzerine kurulu iş modelleri doğrultusunda, filo planlaması ve uçak seçimi operasyonel başarılarının temel belirleyicileri arasında yer almaktadır. Özellikle ikinci el uçak kullanımı, sermaye maliyetlerini minimize etme ve filoyu hızlı biçimde genişletme stratejilerinin temel bir parçası olarak öne çıkmaktadır

(Lawton, 2000; O'Higgins, 2007). Ryanair ve Southwest Airlines gibi sektörün önde gelen LCC'leri, filo standardizasyonu ve maliyet verimliliği ilkeleri doğrultusunda, ikinci el piyasasında yaygın olarak bulunan Boeing 737 ailesine ağırlık vermektedir. Bu tek tip filo stratejisi, eğitim, bakım ve operasyonel süreçlerde önemli kolaylıklar sağlamakta; filo yönetimi maliyetlerini azaltarak firmaların rekabet gücünü artırmaktadır (D'Alfonso, Malighetti ve Redondi, 2011). Ryanair'in Boeing 737-800 ve Boeing 737-8 MAX uçaklarından oluşan filosu ([http-4](#); [http-5](#)), bu stratejinin Avrupa'daki başarılı bir uygulaması olarak öne çıkmaktadır. Şirket, ikinci el Boeing 737 model uçakları tercih ederek, yeni uçaklara kıyasla daha düşük sermaye gereksinimi ile filoya hızlı kapasite kazandırmakta ve yaygın teknik destek sayesinde operasyonel esnekliğini korumaktadır. Benzer şekilde, Southwest Airlines da Boeing 737-800 ve 737-8 MAX ikinci el uçaklarını filoya entegre ederek filo standardizasyonunu sürdürmekte ve operasyonel maliyetlerini kontrol altında tutmaktadır ([http-6](#)).

İkinci el uçakların LCC'ler için sunduğu avantajlar arasında sermaye maliyetlerinin düşürülmesi, filonun piyasa talebine hızlı adaptasyonu, filo homojenliğinin korunması ve buna bağlı olarak bakım ile eğitim süreçlerinin sadeleştirilmesi yer almaktadır. Ayrıca, Boeing 737 ailesinin geniş ikinci el piyasası, LCC'lerin uygun fiyatlı ve teknik destek açısından erişilebilir uçaklara kolayca ulaşmasını mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak, Ryanair ve Southwest Airlines gibi LCC'lerin ikinci el Boeing 737 tipi uçaklara dayalı filo stratejileri, hem maliyet avantajı hem de operasyonel verimlilik açısından rekabetçi konumlarını güçlendirmekte ve LCC modelinin devamlılığına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, alternatif sayısı bilinçli biçimde sınırlandırılmış ve ikinci el uçak satın alma süreci, ÇKKV yöntemlerinden AHP aracılığıyla analiz edilmiştir. Analiz sürecinde, aynı üreticiye ait iki adet Boeing 737-800 ve bir adet Boeing 737-8 MAX model uçak, belirlenen tasarım özellikleri, tasarım özellikleri, maliyet, emniyet geçmişi ve planlı bakım durumu kriterleri doğrultusunda karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda çalışmanın temel amacı, mevcut filo yapısına uygunluk gösteren ikinci el uçak alternatifleri arasında en uygun seçeneğin sistematik bir yaklaşımla belirlenmesidir. Geliştirilen model ile karar sürecine analitik, tutarlı ve yapısal bir çerçeve kazandırılması hedeflenmekte; böylece havayolu işletmeleri için daha rasyonel ve sürdürülebilir satın alma stratejilerinin oluşturulmasına katkı sunulması amaçlanmaktadır.

Literatürde, farklı üreticilere ait uçak modelleri arasında karşılaştırmalı değerlendirmelerin yapıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Özdemir, Basligil ve Karaca (2011), A319, A320 ve B737 modelleri arasında en uygun seçeneği belirlemeye yönelik bir analiz gerçekleştirmiştir. Ahmed vd., (2020) benzer modelleri farklı kriterler çerçevesinde incelemiş, Ardil (2021) ise Airbus A320NEO, A321NEO ile Boeing 737-8 MAX ve Boeing 737-9 MAX arasında çok kriterli bir seçim analizi yapmıştır. Bruno, Esposito ve Genovese, (2015) ise Sukhoi SSJ100, Bombardier CRJ1000 ve Embraer ERJ190 modelleri arasında bir karşılaştırma sunmuştur. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, farklı üreticilere ait uçaklar arasında tercih yapmaya odaklanmakta ve çoğunlukla sıfır (yeni) uçak modellerini ele almaktadır. Bu yönüyle bakıldığında, mevcut literatürün ağırlıklı olarak yeni uçak tedariki üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Oysa bu çalışmada, hem aynı üreticiye (Boeing) ait benzer teknik özelliklere sahip modeller (B737-800 ve B737-8 MAX) değerlendirilmekte hem de ikinci el uçak seçenekleri ele alınmaktadır. Bu farklılık, çalışmayı hem üreticinin aynı kategori içindeki model varyasyonlarının karşılaştırılması hem de ikinci el uçak pazarına yönelik karar süreçlerine analitik bir yaklaşım sunması açısından literatürde özgün bir konuma yerleştirmektedir. Ayrıca, literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak, tek bir filo tipi özelinde bir değerlendirme yapılmış ve analiz, işletmenin mevcut filosunun Boeing 737 serisinden oluştuğu varsayımıyla sınırlandırılmıştır. Bu doğrultuda, farklı üreticilerin alternatif uçak tipleri (örneğin A320 gibi farklı üreticilere ait modeller) çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu tercih, hem filoyla uyumluluk açısından operasyonel verimliliğin sağlanması hem de gerçekçi bir karar ortamı oluşturulması amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışma, LCC'ler açısından ikinci el uçak satın alma sürecinde karşılaşılan çok boyutlu karar problemini ele almakta ve bu doğrultuda iki temel araştırma sorusuna yanıt aramaktadır. İlk olarak, aynı filo yapısını sürdüren bir havayolu işletmesinde uçak seçimi sürecinde hangi kriterlerin karar üzerinde en belirleyici etkiye sahip olduğu incelenmektedir. İkinci olarak ise, ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP kullanılarak bu karmaşık karar probleminin nasıl daha sistematik, objektif ve tutarlı bir şekilde çözümlenebileceği ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen model, karar vericilere analitik bir yaklaşım sunarak rasyonel ve sürdürülebilir seçimler yapılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sorular doğrultusunda, karar vericilere tutarlı, analitik ve sürdürülebilir bir değerlendirme yöntemi sunulması hedeflenmektedir. Bu tez

çalışması, yalnızca ele aldığı konu itibarıyla değil; yaklaşım biçimi, kapsamı ve uygulama yöntemi bakımından da literatüre özgün katkılar sunmaktadır. Bu çalışmanın mevcut literatürden ayrıştığı temel noktalardan biri, ikinci el uçak satın alma sürecine ÇKKV yöntemlerinden AHP aracılığıyla sistematik ve yapılandırılmış bir analiz çerçevesi sunmasıdır. Literatürdeki birçok çalışma, genellikle farklı üreticilere ait uçak modellerini karşılaştırmakta ve çoğunlukla sıfır uçak alım süreçlerine odaklanmaktadır. Buna karşın, ikinci el uçaklara yönelik ÇKKV temelli benzer bir çalışmaya erişilememiştir.

Çalışmanın farklılaştığı bir diğer önemli yön ise, yalnızca aynı üreticiye (Boeing) ait ve aynı filo yapısı içinde değerlendirilebilecek B737-800 ile B737-8 MAX modelleri arasında karşılaştırma yapılmasıdır. Bu yaklaşım, literatürde sıkça karşılaşılan üreticiler arası kıyaslamalardan ayrılarak, daha özgün bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. LCC'lerin, operasyonel verimlilik ve maliyet etkinliği hedefleri doğrultusunda genellikle tek tip filo stratejisini benimsemeleri göz önüne alındığında, bu çalışmada analiz yalnızca mevcut filoyla uyumlu alternatiflerle sınırlandırılmıştır. Bu yönüyle çalışma, sektörel gerçeklikle örtüşen, uygulamaya dönük ve karar vericilere rehberlik edebilecek nitelikte bir model ortaya koymaktadır. Ayrıca, kapsamlı literatür taraması sonucunda, aynı üreticiye ait ikinci el uçak modellerinin ÇKKV yöntemiyle karşılaştırıldığı erişilebilir bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, çalışmanın alan yazında önemli bir boşluğu doldurduğunu ve yüksek derecede özgünlük taşıdığını göstermektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması, ikinci el uçak satın alma sürecine ilişkin karar vericilere pratik, uygulanabilir ve analitik temelli bir değerlendirme modeli sunarak, hem akademik literatüre katkı sağlamayı hem de sektörel uygulamalara ışık tutmayı amaçlamaktadır.

1.2. Tezin Yapısı

Bu tez altı ana bölümden oluşmakta olup, her bir bölüm araştırmanın kuramsal temellerini, metodolojik yaklaşımını ve uygulama boyutunu bütüncül bir biçimde ele alacak şekilde yapılandırılmıştır.

Birinci bölümde, çalışmanın problemi, amacı, kapsamı ve özgün katkısı çerçevesinde havacılık sektöründeki güncel gelişmeler ile ikinci el uçak tedarikine yönelik artan eğilim irdelenmiş; çalışmanın bilimsel dayanakları ile sektörel gereklilikleri ortaya konmuştur.

İkinci bölümde, LCC’lerin tarihsel gelişimi, temel stratejileri ve operasyonel dinamikleri detaylandırılmış; filo yapısı ve uçak seçiminin bu işletme modeli içerisindeki kritik rolü kuramsal ve uygulamalı kaynaklar ışığında değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde, ÇKKV yöntemlerinin havayolu filosu planlamasında kullanımına yönelik literatür kapsamlı biçimde analiz edilmiş; bu alanda yapılan çalışmalardaki yöntemsel yaklaşımlar ve örnek uygulamalar karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Dördüncü bölüm, araştırmada kullanılan AHP yöntemine ayrılmış olup, kriter setinin oluşturulması, hiyerarşik modelin kurulması ve karar verici yargılarının sayısallaştırılması süreçleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, aynı üreticiye ait üç adet (iki adet B737-800 ve bir adet B737-8 MAX) ikinci el uçaklar için oluşturulan hipotetik veri seti AHP yöntemi ile belirlenen kriterler doğrultusunda değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

Altıncı ve son bölümde ise, çalışmanın temel bulguları özetlenmiş, sonuçlar literatür ve sektör pratiği bağlamında tartışılmış; ayrıca gelecekte yapılabilecek araştırmalara ilişkin önerilere yer verilmiştir.

2. DÜŞÜK MALİYETLİ HAVAYOLU İŞLETMELERİNİN GENEL YAPISI

Havayolu taşımacılığı sektörü, son kırk yıl içerisinde yapısal bir dönüşüm geçirerek geleneksel hizmet modellerinin yanı sıra farklı iş modellerinin de ortaya çıkmasına sahne olmuştur. Bu dönüşümün en dikkat çekici sonuçlarından biri, LCC olarak bilinen yeni bir havayolu işletme modelinin hızla gelişmesidir (Katarellos ve Koufodontis, 2012). Başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa Birliği (EU: European Union) ülkeleri olmak üzere çeşitli bölgelerde uygulanan deregülasyon politikaları, havayolu sektöründeki giriş engellerini azaltarak bu modelin doğuşuna zemin hazırlamıştır (Hüschelrath ve Müller, 2011).

Maliyet liderliği stratejisine dayanan LCC'ler, sundukları temel düzeyde hizmetlerle maliyetlerini minimize ederek geniş bir müşteri kitlesine hitap etmeyi amaçlamış, böylece geleneksel taşıyıcılarla rekabet edebilir hale gelmiştir (Vidovic, Stimac ve Vince, 2013; Bachwich ve Wittman, 2016).

Bu bölümde, düşük maliyetli havayolu iş modelinin tarihsel gelişimi, stratejik temelleri, operasyonel uygulamaları ve geleneksel havayollarına kıyasla taşıdığı avantajlar ve dezavantajlar ele alınmaktadır.

2.1. Düşük Maliyetli Havayolu İş Modeli

Havayolu sektörü son yıllarda, LCC olarak adlandırılan havayollarının eşi benzeri görülmemiş bir şekilde yayılmasına tanık olmuştur. Bu gelişmenin temelleri, 1978 yılında rekabetin hava taşımacılığı endüstrisi için faydalı olacağına inanan ABD Başkanı Jimmy Carter ve yönetimi tarafından kabul edilen Havayolu Düzenlemeleri Serbestleşme Yasası ile atılmış (Wilner vd., 2003), bu yasayla Amerika da iç hat havayolları serbestleştirilerek, devletin sektöre müdahalesi azaltılmıştır (Gillen, 2018). Aynı zamanda havayollarının daha bağımsız ve rekabetçi olmalarına olanak tanınmış, sektöre girişi kolaylaştırmıştır (Baik, Kwak ve Lee, 2011). Bu durum, sadece iç hatları değil, aynı zamanda uluslararası pazarları da etkileyen bir değişim yaratmıştır (Kim, 2016). Uluslararası alanda, serbestleşme yönündeki adımlar, 1979'da ABD'nin Açık Hava Alanları politikası ile devam etmiş ve uluslararası havayolu serbestleşmesinin önemli bir adımını oluşturmuştur. Bu politika, ABD-AB arasındaki pazarın açılmasını sağlamış ve küresel ölçekte daha esnek bir havacılık piyasasının temellerini atmıştır (Gudmundsson, 2015). ABD'nin iç piyasadaki serbestleşmesinin ardından, AB ülkelerinde de benzer bir yol izlenmiş ve 1988-1997 yılları arasında yapılan üç paketle havacılık sektörü kademeli olarak

serbestleştirilmiştir. Avrupa'daki bu adımlar, özellikle AB içindeki pazar engellerinin kaldırılması, küresel havacılık sektörünün entegrasyonunu hızlandırmıştır (Thompson, 2002).

Bu süreç, LCC'lerin ortaya çıkmasına ve hızla yayılmasına zemin hazırlamıştır. Serbestleşme sayesinde piyasaya giriş engellerinin azalması, geleneksel havayollarına kıyasla daha düşük maliyetli iş modelleri geliştiren yeni oyuncuların pazara girmesini kolaylaştırmıştır. Özellikle ABD ve AB ülkelerindeki deregülasyon hareketleri, Southwest Airlines gibi havayollarının başarısını mümkün kılmış ve Ryanair, easyJet gibi LCC'lerin Avrupa'daki büyümesini teşvik etmiştir (Diaconu, 2012).

Michael Porter'ın karşılaştırmalı üstünlük üzerine klasik çalışmasında belirttiği üzere, rekabetçi bir pazarda anormal kâr elde etmenin iki temel yolu bulunmaktadır. İlk olarak, bir işletme ürününü farklılaştırarak belirli bir ölçüde tekel gücü elde edebilir. Havayolu sektörü bağlamında, bu strateji özellikle regülasyon koruması altında büyüyen geleneksel havayolları tarafından benimsenmiştir. Bu taşıyıcılar, topla-dağıt ağıları oluşturarak ölçek ekonomilerinden ve kapsam ekonomilerinden faydalanmayı ve pazar üzerindeki hâkimiyetlerini pekiştirmeyi amaçlamışlardır (Button, 2009).

Porter'ın vurguladığı ikinci alternatif ise, maliyet liderliği stratejisi ile rekabet etmektir. Bu yaklaşım, bir işletmenin ürün veya hizmetlerini rakiplerine kıyasla daha düşük maliyetlerle sunarak pazarda avantaj sağlamasına dayanır. Havayolu sektöründe, bu strateji düşük maliyetli taşıyıcılar tarafından benimsenmiştir. LCC'ler, Avrupa'da "no-frills" (sade/ekstrasız) taşıyıcılar olarak da adlandırılırlar (Dobruszkes, 2006), işletme maliyetlerini minimize ederek ve hizmetlerini temel seviyeye indirerek, bilet fiyatlarını düşük tutmakta ve geniş bir müşteri kitlesine hitap etmektedir. Bu sayede, geleneksel taşıyıcılarla rekabet ederken sürdürülebilir bir maliyet avantajı elde etmektedirler. "Düşük maliyetli havayolu" işletme stratejisi unvanı yaygın bir şekilde kullanılsa da, benimsenen iş modelleri taşıyıcılar arasında oldukça farklılık gösterebilmektedir (Francis, Humphreys, Ison ve Aicken, 2006; Aji, Ramadhan ve Hidayatullah, 2021).

LCC'ler, düşük bilet fiyatları sunabilmek için çeşitli stratejiler benimsemektedir. Ancak, her LCC bu stratejilerin tamamını uygulamamakta, işletme modellerine göre farklı yaklaşımlar benimseyebilmektedir. LCC'lerin genel özellikleri ana hatlarıyla aşağıda verilmiştir (Button ve Ison, 2008).

Hizmetlerin Ayırıştırılması: Temel seviye de hizmet sunarlar ya da sunulan hizmeti bilet fiyatına dahil etmezler. Bu kapsamda, yemek ve içecekler genellikle ücretlidir, bagaj

hakkı sınırlıdır, yolcu köprüleri yerine otobüs kullanılır, ikinci kademe havaalanlarını tercih ederler, koltuklar yatırılmaz ve ekstra konfor unsurları minimum seviyededir (Saleh, 2016).

Üretim Faktörlerinin Maksimum Kullanımı: LCC'ler, uçakların yerde geçirdiği süreyi en aza indirerek operasyonel verimliliği artırır (Dobruszkes, 2006). Bu doğrultuda, kargo taşımacılığı ya hiç yapılmaz ya da sınırlı tutulur, temizlik gerektiren unsurlar (örneğin koltuk cepleri) uçaklardan kaldırılır ve uçaklar genellikle günde yalnızca bir kez temizlenir. Ayrıca, daha az yoğun havaalanları tercih edilerek taksi süreleri, gecikme riskleri ve havalimanına ödenen vergiler azaltılır (Bozogan ve Hurna, 2018). Kabin ekibi, genellikle ana üslerinde görevlendirilerek vardiya planlaması daha verimli hale getirilir ve birden fazla görev üstlenerek operasyonel maliyetler düşürülür (Rozenberg, Szabo ve Sebesakova, 2014).

Düşük Genel Giderler: Bakım ve operasyonel maliyetleri azaltmak adına genellikle tek tip uçak filosu kullanılır. Bu, bakım süreçlerini basitleştirir, yedek parça ihtiyacını azaltır ve pilotların aynı tip uçakta uçuşmasını sağlayarak eğitim maliyetlerini düşürür (Gillen ve Lall, 2004).

Tamamlayıcı Gelir Kaynakları: Yiyecek, içecek, bagaj ve koltuk seçimi gibi ek hizmetler yoluyla gelir elde edilir. Bu ek satışlar, düşük bilet fiyatlarını dengelemeye yardımcı olur (Avogadro vd., 2021).

Tedarikçilerle Sert Pazarlık: LCC'ler, uçak üreticileriyle sıkı pazarlık yaparak daha uygun fiyatlarla uçak satın alır veya kiralar. Aynı şekilde, havalimanlarıyla da avantajlı anlaşmalar yaparak düşük maliyetli park alanları ve işletme imkânları elde ederler (Button, 2009; Oliveira, 2023).

Tek Sınıf Hizmet: Ekonomi sınıfı dışında herhangi bir kabin hizmeti sunulmaz. Bu, biletleme, koltuk yönetimi ve yolcu hizmetlerini sadeleştirerek operasyonları daha verimli hale getirir (Bitzan ve Peoples, 2016).

Elektronik Biletleme: Rezervasyon ve bilet satışları büyük ölçüde internet üzerinden yapılır. Bu sayede, çağrı merkezleri ve fiziksel bilet satış ofisleri gibi ek maliyetlerden kaçınılır (Wanjiku, 2014).

Bu stratejiler, LCC'lerin düşük maliyetli operasyonlarını sürdürülebilir kılmasına ve pazarda rekabet avantajı elde etmelerine olanak tanımaktadır. Zamanla, düşük maliyetli havayolu modeli yalnızca ABD ve Avrupa ile sınırlı kalmamıştır. Örneğin, Brezilya'da Gol Transportes Aéreos 2001 yılında faaliyet göstermeye başlamış ve 2005

yılında WebJet Linhas Aéreas de sektöre girmiştir. Kanada’da, Air Canada’nın Tango ve Zip gibi düşük maliyetli yan kuruluşlarının başarısız olmasının ardından, WestJet, ülkenin önde gelen düşük maliyetli havayolu olmuştur. Avustralya’da ise ilk düşük maliyetli havayolu olan Compass, 1990 yılında kurulmuş ancak kısa bir süre sonra faaliyetlerini sonlandırmıştır. 2000 yılında Virgin Blue düşük maliyetli operasyonlarına başlamıştır. Türkiye’de ise 1989 yılında kurulan SunExpress ve 1990 yılında kurulan Pegasus Airlines, başarılı bir şekilde operasyonlarına devam etmektedir.

LCC’ler her zaman başkentlerde faaliyet göstermemektedir. Pazar boşluklarını (nişleri) değerlendirerek, genellikle tam hizmet sunan ulusal taşıyıcılar (FSNC) ve yüksek hızlı trenler (HST: High Speed Train) tarafından göz ardı edilen bölgesel şehirleri tercih eden uçuş ağları oluştururlar (Akgüç, Beblavy ve Simonelli, 2018; Nelson, 2020).

LCC’ler, esnek iş modelleri ve maliyet odaklı stratejileri sayesinde havacılık sektöründe önemli bir konum elde etmiş olsa da, FSNC’lere kıyasla çeşitli yapısal ve operasyonel dezavantajlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu dezavantajların başında, müşteri sadakatinin düşük olması yer almaktadır (Forgas vd., 2010). Yolcular, bilet satın alma sürecinde öncelikli olarak fiyat unsurunu dikkate almakta ve daha uygun maliyetli bir alternatif bulduklarında marka bağlılığı gözetmeksizin farklı bir havayolunu tercih edebilmektedir. Bu durum, LCC’lerin sürdürülebilir müşteri bağlılığı oluşturmalarını zorlaştırmakta ve fiyat rekabetinin yoğun olduğu pazarlarda istikrarlı bir yolcu kitlesi edinmelerini engellemektedir (Kim ve Lee, 2011).

Bir diğer önemli dezavantaj, mevcut slot tahsis sistemi nedeniyle düşük maliyetli havayollarının büyük havalimanlarında rekabetçi bir konum elde etmede karşılaştıkları zorluklardır. Mevcut sistemde, "büyükbaba hakkı" (grandfathering rule) olarak bilinen kuralın yaygın olması, bir havayolu şirketinin belirli bir slotu bir dönemde %80’den fazla kullanması halinde, bir sonraki sezonda da aynı slotu kullanma hakkına sahip olmasını sağlamaktadır (Felix, 2006). Sonuç olarak, ilk gelen havayolları – genellikle FSNC– kendi ana havalimanlarında slotların çoğunluğunu "sahiplenmekte" ve özellikle yoğun saatlerdeki en avantajlı slotları kullanma hakkına sahip olmaktadır. Bu durum, FSNC’lere ilk hamle avantajı sağlayarak, uçuşlarını yolcuların en çok tercih ettiği saatlerde planlamalarına olanak tanımaktadır. Kapasite kısıtlamaları olan birçok havalimanında ise bu durum trafik ve yolcu yoğunluğuna neden olmaktadır. Buna karşılık, düşük yoğunluklu saatlerdeki slotlar veya daha az uygun uçuş saatleri yeni pazara giren şirketlere tahsis edilmekte ve rekabet açısından dezavantaj oluşturmaktadır (Barbot,

2004). Örneğin, Paris Orly’de easyJet gibi LCC’lerin büyümesinin, muhtemelen bayrak taşıyıcı havayolu Air France’ı korumak amacıyla, slot tahsisı bahanesiyle sınırlı olduğu görülmektedir (Dobruszkes, 2006).

2.2. Geleneksel Havayolu İş Modeli

FSNC, sık uçuş hizmeti sunan, geniş bir destinasyon ağına sahip olan ve tamamlayıcı içecekler, uçak içi eğlence, havalimanı dinlenme salonları ve koltuk seçimi gibi çeşitli ek hizmetler sağlayan bir havayolu şirkettir (Gillen, 2006).

Temel olarak, FSNC, hizmet verdiği topluluklara yönelik kapsamlı bir hava taşımacılığı hizmeti sunmayı amaçlamakta olup, iş ve tatil amaçlı seyahat eden yolculara yurt içi ve uluslararası destinasyonlara ulaşım imkânı sağlamaktadır. Bu kapsamda, FSNC’ler genellikle uluslararası havayolu ittifakları ile iş birliği yaparak küresel erişimlerini genişletmektedir (Zhou, 2024).

Yolcular, genellikle farklı uçuş saatleri arasından seçim yapma ve havayolu değiştirmeden birçok destinasyona doğrudan ulaşma imkânına sahiptir. FSNC modelinin, geniş bir uçuş ağı kapsamında sık hizmet sunmasını mümkün kılan en önemli yeniliklerden biri, topla-dağıt ağ sisteminin geliştirilmesidir (Sun vd., 2024).

Topla-dağıt ağ sisteminde, taşıyıcılar küçük pazarlardan merkezi bir havalimanına uçuşlar düzenlemekte ve bu uçuşların varışlarını birbirine yakın zamanlarda planlayarak yolcuların bu merkezden diğer pazarlara bağlantılı uçuşlarla seyahat etmesini sağlamaktadır (Pels, 2021). Bu sistem, havayollarına düşük ve yüksek yoğunluklu hatlarda daha fazla yolcu trafiği oluşturma imkânı tanıyarak yoğunluk ekonomilerinden faydalanmalarına olanak sağlamaktadır (Kuljanin vd., 2021). Yolcular, artan uçuş sıklığının yanı sıra, havayolu değiştirmeden daha fazla destinasyona ulaşabilme avantajından da faydalanmaktadır (Edwards, 2011). Uçuş sıklığındaki artış ve destinasyon çeşitliliğinin, FSNC’lere pazar gücü sağlamaktadır (Borenstein, 1992).

FSNC’ler merkez havalimanlarındaki pazar güçlerini artırmak için sık uçan yolcu programlarını (FFP: Frequent Flier Programs) kullanmaktadır (Magdalina ve Bouzaima, 2021). American Airlines tarafından 1981 yılında başlatılan bu programlar, yolcuların belirli bir taşıyıcıyla sık seyahat ederek daha fazla mil biriktirmelerine olanak tanımaktadır. Merkez havalimanında en fazla güzergaha hizmet veren taşıyıcı, yolculara daha geniş bir destinasyon ağına ücretsiz seyahat etme imkânı sunduğundan, FFP’ler bu

taşıyıcılar için daha cazip hale gelmektedir. Bu durum müşteri sadakatini güçlendirerek özellikle iş seyahatlerinde fiyatlandırma esnekliğini artırmaktadır. İş seyahatleri, havayolları için en yüksek gelir sağlayan segmentlerden biri olduğu için, bu strateji FSNC'lere önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır (Tretheway, 1989). Bununla birlikte, iş amaçlı seyahat eden yolcular, en düşük ücreti sunan havayolu şirketini tercih etmek yerine, kendilerine en fazla sık uçan yolcu avantajı sağlayan taşıyıcıyı seçme eğilimindedir. Bunun temel nedeni, uçuş ücretlerinin doğrudan yolcular tarafından değil, çalıştıkları şirketler tarafından karşılanmasıdır (Borenstein, 1992; Koech, Buyle ve Macario, 2023).

FSNC'lerin temel özelliklerinden bir diğeri de topla-dağıt ağına dayalı operasyonlarının yanı sıra, gelir yönetimi tekniklerini etkin bir şekilde kullanmalarıdır. Gelir yönetimi, havayolu şirketlerinin gelirlerini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen stratejiler bütünüdür. Bu stratejiler arasında fazla rezervasyon, fiyat esnekliği düşük yolculara (örneğin iş amaçlı seyahat edenlere) daha yüksek ücretler uygulanması ve hub'lara gelen ve giden yolcu akışının optimize edilmesi yer almaktadır (Ko, 2019). FSNC'lerin, iadeli bilet seçenekleri sunmaları, geniş bir havalimanı ağına hizmet vermeleri ve farklı destinasyonlara seyahat eden yolcuları aynı uçuşta taşımaları, gelir yönetimi süreçlerini oldukça karmaşık hale getirmektedir (Carmona Benitez, 2008).

Bunun yanı sıra, FSNC'ler genellikle serbestleşme öncesinde faaliyet gösteren taşıyıcılar oldukları için "geleneksel havayolları" olarak da adlandırılmaktadır. "Geleneksel" terimi doğrudan bir iş stratejisini ifade etmese de, bu taşıyıcıları yeni nesil havayollarından ayıran önemli bir özelliğe işaret etmektedir: daha az esnek iş gücü. Bu havayolları, rekabetin daha sınırlı olduğu düzenlemeye tabi dönemlerde faaliyet göstermiş olup, sendikal taleplere karşı daha düşük direnç göstermiş olabilirler (Hirsch ve Macpherson, 2000). Her ne kadar bu taşıyıcılar iş gücü esnekliğini artırmak amacıyla toplu iş sözleşmelerini yeniden müzakere etmiş olsalar da, halen iş kurallarının getirdiği kısıtlamalar nedeniyle operasyonel esnekliklerini tam anlamıyla sağlayamamaktadırlar (Bitzan ve Peoples, 2016). Sonuç olarak, FSNC'ler, geniş kapsamlı hizmetler sunmaları, topla-dağıt ağ yapısıyla faaliyet göstermeleri, farklı pazar taleplerini karşılayacak şekilde çeşitli uçak tiplerini kullanmaları ve doluluk oranları ile gelirlerini artırmak amacıyla gelişmiş gelir yönetimi tekniklerinden faydalanmaları ile öne çıkmaktadır. Bununla

birlikte, bu taşıyıcılar daha az esnek iş gücü yapısı ve yüksek sendikal maliyetler gibi operasyonel zorluklarla karşı karşıya kalabilmektedir.

2.3. Geleneksel Havayolu İş Modeli ve Düşük Maliyetli Havayolu İş Modeli

Arasındaki Farklar

Havayolu iş modelleri, sundukları hizmetler, maliyet yönetimi stratejileri ve operasyonel süreçleri açısından önemli farklılıklar göstermektedir. FSNC ile düşük LCC arasındaki temel farklar, birçok faktöre dayanmaktadır.

Öncelikle, filolar açısından FSNC'ler, genellikle farklı uçak tiplerine sahip geniş bir filo işletirken, LCC'ler operasyonel verimliliği artırmak amacıyla tek tip uçak kullanmayı tercih ederler. Bu durum, bakım maliyetlerini düşürmekte ve operasyonları daha standart hale getirmektedir (Chiambaretto ve Combe, 2023).

Koltuk konfigürasyonu açısından bakıldığında, FSNC'lerde ekonomi ve business sınıfı olmak üzere farklı hizmet seviyeleri sunulurken, LCC'ler sadece ekonomi sınıfı hizmet verir. Benzer şekilde, FSNC'ler, yolcularına ücretsiz yemek-içecek servisi, uçak içi eğlence ve basılı materyaller gibi ek hizmetler sağlarken, LCC'ler de bu tür hizmetler ya hiç sunulmaz ya da ek ücret karşılığında temin edilebilir (Button ve Ison, 2008; Kovacikova vd., 2024).

Bagaj politikalarında da önemli farklılıklar mevcuttur. FSNC'ler genellikle 30 kg'a kadar ücretsiz bagaj hakkı tanırken, LCC'ler ortalama 8 kg kabin bagajı sunar ve ekstra bagajlar için ek ücret talep etmektedir (Panduwinasari, Afandi ve Wahyuni, 2019; Gualini, Martini ve Porta, 2024).

Yer hizmetleri açısından, FSNC'ler uçuşlar arasında daha uzun yer hizmet süresine sahipken (yaklaşık 45 dakika), LCC'ler daha kısa sürede uçak dönüşlerini tamamlamayı hedefler (25-27 dakika). Bu da onların uçaklarını daha verimli kullanmalarına olanak tanır (Gualini, Martini ve Porta, 2024).

Ağ yapıları incelendiğinde, FSNC'ler genellikle topla-dağıt ağ modeliyle çalışarak büyük havalimanlarını merkez olarak kullanır ve yolculara uzun mesafeli, aktarmalı uçuşlar sunar. Buna karşılık, LCC'ler noktadan noktaya uçuş modelini benimseyerek, kısa mesafeli ve doğrudan uçuşlara odaklanır. Aynı zamanda, operasyonel maliyetleri düşürmek adına birincil (ana) havalimanları yerine daha düşük maliyetli ikincil havalimanlarını tercih ederler (Zgodavova, Rozenberg ve Szabo, 2018).

Bilet satış ve dağıtım kanalları da farklılık göstermektedir. FSNC'ler biletlerini seyahat acenteleri, satış ofisleri ve global dağıtım sistemleri (GDS) gibi geniş çaplı kanallar aracılığıyla sunarken, LCC'ler genellikle kendi web siteleri ve mobil uygulamaları üzerinden doğrudan satış yaparak aracılık maliyetlerini azaltır (Rozenberg, Szabo ve Sebescakova, 2014).

Son olarak, kabin ekibi ve insan kaynakları politikalarında da farklılıklar bulunmaktadır. FSNC'ler genellikle uzmanlaşmış ekiplerle çalışırken, LCC'lerde çalışanlar birden fazla rol üstlenerek daha esnek bir iş gücü modeli benimsemektedir (Mızrak, 2023).

Sonuç olarak, FSNC ve LCC'ler, hedefledikleri müşteri kitlesine ve maliyet stratejilerine bağlı olarak farklı iş modelleri geliştirmiştir. FSNC'ler daha geniş kapsamlı hizmetler sunarak müşteri memnuniyetine odaklanırken, LCC'ler maliyet verimliliği ve düşük fiyat stratejileriyle rekabet etmektedir (Özkan, 2019). Tablo 2.1.'de FSC ve LCC özelliklerinin karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 2.1. FSC ve LCC özelliklerinin karşılaştırma tablosu (Acar ve Karabulak, 2015)

Özellik	FSNC	LCC
Filo Yapısı	Çeşitli uçak tipleri kullanılır.	Tek tip uçak kullanımı yaygındır.
Hizmetler	Ücretsiz yemek-içecek, uçak içi eğlence, gazete-dergi	Ücretli yiyecek-içecek, bazı LCC'lerde ücretli Wi-Fi
Yer Hizmetleri	Daha uzun yer hizmet süresi (45 dakika)	Kısa dönüş süresi (25-27 dakika)
Uçuş Ağı	Topla-Dağıt (Hub-and-Spoke), uzun mesafe uçuşlar, aktarmalı seferler	Noktadan noktaya (Point-to-Point), kısa mesafe rotalar, direkt seferler
Havalimanı Kullanımı	Birincil havalimanları	İkincil ve bölgesel havalimanları
Koltuk Seçimi	Koltuk seçimi ücretsiz veya belirli statüye bağlı	Koltuk seçimi ücretli veya belirli statüye bağlı
Bilet Satış Kanalları	Seyahat acenteleri gibi aracılarının kullanımı	Çevrimiçi ve doğrudan rezervasyon
Koltuk Konfigürasyonu	Ekonomi ve business sınıfı	Sadece ekonomi sınıfı
Bagaj Politikası	Ekonomi ve bussiness sınıfı arasında farklılık bulunur. Ortalama 30 kg ücretsiz bagaj hakkı bulunur.	Ortalama 8 kg kabin bagajı ücretsiz, ekstra bagaj ücretli hakkı bulunur.

2.4. Düşük Maliyetli Havayollarında Filo Yönetimi ve Uçak Seçiminin Önemi

LCC'ler, operasyonel maliyetleri en aza indirirken rekabetçi hizmet seviyelerini korumaya yönelik çeşitli stratejiler benimsemişlerdir. Bu stratejiler arasında, tek tip uçak filosu kullanımı, havayolu operasyonlarının genel verimliliğini destekleyen kritik bir karar olarak öne çıkmaktadır. Homojen bir filo işletmek, bakım, yedek parça lojistiği, mürettebat eğitimi ve uçuş planlaması gibi alanlarda ölçek ekonomileri sağlayarak maliyetleri düşürür (Doganis, 2019). Örneğin, pilotlar ve kabin ekibi sadece tek bir uçak tipi için eğitim aldıkları için eğitim süreleri kısaldı; bakım ekipleri ise belirli bir uçak modelinde uzmanlaşarak teknik hataların azalmasına ve uçakların daha hızlı seferlere dönmesine katkı sağlamaktadır (Gillen ve Lall, 2004). Bu tür verimlilikler sadece doğrudan operasyon maliyetlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda filonun hizmete hazır olmasını ve ağ güvenilirliğini artırır; bu da LCC'lerin benimsediği yüksek uçak kullanım modelinin temelini oluşturmaktadır (Narcizo, V.M. ve Dresner, 2020). Bununla

birlikte, filo standardizasyonu etkili filo yönetiminin yalnızca bir yönüdür. LCC'ler ağlarını genişlettikçe ve farklı pazar talepleriyle karşılaştıkça, uçak seçimi filo uyumluluğu ve operasyonel esneklik açısından da önem kazanmaktadır. Kısa ve orta menzilli uçuşlara uygun uçaklar (örneğin Airbus A320 ya da Boeing 737 ailesi) yoğun frekanslı, nokta-nokta taşımacılık için ideal olsa da, LCC'ler aynı uçak ailesi içinde farklı varyantlar (örneğin Boeing 737-800 ile 737-8 MAX) kullanarak rota profillerine ve kapasite ihtiyaçlarına daha uygun çözümler geliştirmektedir (Alamdari ve Fagan, 2005). Daha yeni uçaklar, daha düşük yakıt tüketimi, uzun menzil ve yüksek koltuk kapasitesi gibi avantajlar sunarak, LCC'lerin uzun menzilli rotalarda ya da slot kısıtlamalı havalimanlarında rekabetçi kalmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle uçak seçimi, filo ortaklığını korurken performans açısından da esnekliği gözetmeli; yakıt tüketimi, koltuk yerleşimi, bakım gereklilikleri ve uçakların ikinci el değeri gibi kriterler dikkate alınmalıdır (Gillen ve Lall, 2004).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yeh ve Chang (2009), Tayvanlı bir yerel havayolunun pazardaki liderliğini sürdürmesi ve ana rotasında artan talebi karşılayabilmesi için ortaya çıkan uçak seçimi problemine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bulanık grup ÇKKV yöntemi kullanılarak, beş farklı uçak türü, B757-200, A321, B767-200, MD-82 ve A310-300, üç kategoriye (üst kriterler) gruplanmış 11 kriterle, karar verme sürecine, tüm paydaşların çıkarlarını temsil eden sekiz karar verici dahil edilerek değerlendirilmiştir. Alternatifler arasında B757-200 model uçak tipi en yüksek tercih değerine sahip olup, en uygun seçenek olarak seçilmiştir. Bu makale, karar vericinin öznel değerlendirmelerini modellemek için bulanık sayılara dayalı yeni bir yöntem sunmaktadır. Karar vericiler üzerindeki bilişsel yükü azaltmak amacıyla, bireysel yargılar üçgensel bulanık sayılar olarak birleştirilmiştir. Ayrıca, kriter ağırlıklarını mesafe ölçümüne dahil eden ve çok sayıda alt kriterin ağırlıklarını hiyerarşik bir yöntemle hesaplayarak ikili karşılaştırma sayısını azaltan bir algoritma geliştirilmiştir. Bu yöntem, büyük ölçekli problemlere etkin bir şekilde uygulanabilirliğiyle öne çıkmıştır (Yeh ve Chang, 2009).

Sun, Gollnick ve Stumpf (2011), bir hipotetik havayolu şirketi için uçak seçim problemini çözmek amacıyla çeşitli ÇKKV yöntemlerini kullanmıştır. Kararın sağlamlığı dikkate alınarak yapılan bu çalışmada, Gerçekliği İfade Eden Eleme ve Seçim (ELECTRE: Elimination and Choice Expressing Reality), Basit Toplamalı Ağırlıklandırma (SAW: Simple Additive Weighting) ve İdeal Çözüme Benzerlik Bazında Tercih Tekniği (TOPSIS: The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) olmak üzere üç ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Uçak konsept seçiminde, yakıt fiyatı, doluluk oranı gibi ekonomik değişkenlerden kaynaklanan belirsizlikler sağlamlık analizinde Taguchi kayıp fonksiyonları kullanılarak ele alınmıştır. Uçak seçim sürecine ek bir karar kriteri olarak sağlamlık tanıtılmıştır. Önerilen yöntemin, nominal performans ile belirsizlikleri ele alma arasında nasıl bir denge kurduğunu göstermek amacıyla, sağlamlık kriterinin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, karar kriterlerinin, özellikle sağlamlık kriterinin, alternatiflerin nihai sıralaması üzerindeki etkilerini araştırmak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Uçak seçim problemine üç ÇKKV yönteminin uygulanması, ekonomik, çevresel ve teknik kısıtlamalar arasında denge kurarken, ÇKKV yöntemlerinin hava taşımacılığı sistemlerinin değerlendirilmesindeki potansiyel uygulamaları gösterilmiştir (Sun, Gollnick ve Stumpf, 2011).

Ozdemir, Basligil ve Merve (2011), Türkiye'nin en büyük havayolu şirketi olan Türk Hava Yolları'nın uçak satın alma problemini ele almış ve bu problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Ağ Süreci (ANP: Analytic Network Process) yöntemini ve Super Decisions yazılımı kullanmıştır. Üç ana kriter (maliyet, zaman, fiziksel özellikler ve diğerleri), on altı kriter (Satın Alma Maliyeti, İşletme ve Yedek Parça Maliyeti, Bakım Maliyeti, Hurda Değeri, Teslimat Süresi, Kullanılabilir Ömür, Boyutlar, Güvenlik, Güvenilirlik, Hizmet Kalitesine Uygunluk) ile, A319, A320 ve B737 model olmak üzere üç farklı alternatif uçak modeli değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre, Türk Hava Yolları'nın satın almayı planladığı orta menzilli, standart gövdeli ve tek koridorlu uçak alternatifleri içerisinde B737 model uçağın seçilmesi en mantıklı ve uygulanabilir sonuç olarak ortaya çıkmıştır (Ozdemir, Basligil ve Merve, 2011).

Gomes, Fernandes ve Mello (2014), Brezilya'da bölgesel charter (hava-taksi) uçuşlarına yatırım yapan bir havayolu şirketi tarafından karşılaşılan uçak seçim problemini ele alınmıştır. Problemin çözümünde, üç ana kritere (Finans, Lojistik, Kalite) bağlı 11 farklı kriter (Satın Alma Maliyeti, Likidite, İşletme Maliyetleri, Menzil, Esneklik, Seyir Hızı, Yedek Parça Mevcudiyeti, Kalkış ve İniş Mesafesi, Konfor, Aviyonik Sistemlere Erişilebilirlik, Emniyet) altında değerlendirilen sekiz alternatif uçak (Cessna Caravan, Fairchild Metro, Beechcraft 1900, Embraer EMB-110 Bandeirante, LET 410, De Havilland DHC 6, Dornier 228, ve CASA 212) bulunmaktadır. Problemi analiz etmek ve bir çözüm bulmak için Belirsiz Değerlendirme ve Karar Ortamlarına Yeni Yaklaşım (NAIADE: Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments) adlı ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. NAIADDE yöntemi, belirsizlik ve kesinlik eksikliği durumlarında hem nicel hem de nitel kriterlerle çalışarak sorunları ele almayı mümkün kılmıştır. Diğer çok kriterli yöntemlere kıyasla, karar vericinin önceden ağırlıkları tanımlamasını gerektirmemesi önemli bir avantaj olarak sunulmuştur. LET-410 uçağı seçeneği, belirtilen şartları ve değerleri en iyi şekilde karşılayan seçenek olarak öne çıktığı için karar vericiye önerilmiştir. Önerilen uçağın, Brezilyalı yolcu taşımacılığı yapan birçok şirket tarafından en çok tercih edilen uçak olması, çalışmayı dolaylı yoldan doğrulayan bir gerçek olarak iletilmiştir (Gomes, Fernandes ve Mello, 2014).

Dozic ve Kalic (2014), bilinen bir güzergah ağı ve tahmin edilen havayolu talebi için uçak tipi seçimi problemini çözmek amacıyla, Güneydoğu Avrupa bölgesinde Belgrad Havaalanı'ndan operasyon yapan hayali bir bölgesel havayolu seçerek bir vaka

çalışması yapmıştır. Havayolunun güzergah ağı 27 rotadan oluşmaktadır. Tahmin edilen talep ve güzergah özelliklerine göre iki rota seti ayrılmaktadır. Bir set (8 rotadan oluşan) küçük uçaklarla, kapasitesi 100 koltuğa kadar olan uçaklarla hizmet verilmesi gereken rotaları içerirken, diğer set (19 rotadan oluşan) kapasitesi 101-200 koltuk arasında olan orta boyutlu uçaklarla hizmet verilmesi gereken rotaları içermektedir. Belgrad'dan Saraybosna, Podgorica, Tivat, Ljubljana, Viyana, Skopje, Selanik ve Prag'a yapılan rotalardan oluşan küçük uçaklarla hizmet verilen rota setine odaklanılarak uygun uçak tipi(ler)inin seçimi için, ÇKKV yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Alternatiflerin derecelendirmelerinin kriterlerin farklı ikili karşılaştırmalarına göre duyarlılığını analiz ederek, uçak tipi seçim süreci izlenmiş ve olası iyileştirmeler sağlanmıştır. Tartışılan rotalarda uçan uçak türleriyle ilgili tarihi veriler analiz edilerek, küçük uçak seçimi için bölgesel jetler Embraer 190 (ERJ190), CRJ 700, CRJ 900 ve CRJ 1000 ile turboprop uçaklar ATR 72-500, ATR 72-600 ve Bombardier Q400 NextGen alternatifleri oluşturulmuştur. Bu alternatifler altı ana kriter ile değerlendirilerek, varsayımsal bölgesel havayolu için en uygun uçak, turboprop ATR 72-600 olarak belirlenmiştir (Dozic ve Kalic, 2014).

Bruno, Esposito ve Genovese (2015), havayolu ihtiyaçlarının incelenmesine dayalı yeni bir uçak değerlendirme modeli olarak, literatürdeki iki ana yaklaşım olan AHP ve Bulanık Küme Teorisi'ni temel almakta ve her iki metodolojinin güçlü yönlerini birleştiren hibrit bir yaklaşım önermektedir. Havayolu şirketlerinin ihtiyaçlarını belirleme süreci, Air Italy örneği üzerinden yapılmış ve Bombardier CRJ1000 (ilk uçuş 2008), Sukhoi SSJ100 (ilk uçuş 2008) ve Embraer ERJ190 (ilk uçuş 2004) uçak alternatifleri arasında değerlendirme yapılmıştır. Sağlanan ana kriter seti (ekonomik performans, teknik performans, uçak içi kalite ve çevresel etki dahil) belirli alt kriterlere (işletme maliyeti, uçak fiyatı, seyir hızı, otonomi, koltuk konforu, kabin bagaj bölmesi boyutu, çevresel kirlenme ve gürültü) ayrılmıştır. Bulanık Küme Teorisi ve AHP kombinasyonuna dayalı karar destek modellerinin uçak değerlendirme problemine birleşik bir şekilde uygulanması, yenilikçi bir katkı olarak değerlendirilmiş ve Sukhoi SSJ1000, havayolu ihtiyaçları için en uygun model olarak belirlenmiştir (Bruno, Esposito ve Genovese, 2015).

Dozic ve Kalic (2015a), havayolu şirketlerinin filo büyüklüğü ve kompozisyonuna ilişkin kararlarında yardımcı olmak amacıyla sağlam ve kapsamlı bir üç aşamalı filo planlama modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Makalenin temel katkısı, modelin

planlamacıların filo kompozisyonu ve büyüklüğü kararlarını hızlı ve dayanıklı bir şekilde ortaklaşa almalarına olanak tanınmasıdır. Önceki çalışmalarda bu iki karar genellikle ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca, farklı havayollarında çalışan planlamacıların değerli içgörülerini ve deneyimleri modelin kalibrasyonu için kullanılmıştır. Model, ağırlıklı olarak kısa mesafe ve orta mesafe rotalarda faaliyet gösteren havayolları için filo planlama amacıyla tasarlanmıştır. Uzun mesafeli rotalarda sadece uzun menzilli uçaklar uygun alternatifler olarak görüldüğü için dikkate alınmamıştır. Modelin pratik uygulaması, Belgrad Havalimanı merkezli varsayımsal bir havayolu şirketine yönelik bir vaka çalışmasıyla gösterilmiştir. Bu havayolu, mevcut bir havayolunun yerini almalı ve tanımlanmış bir pazarda faaliyet göstermelidir. Havayolunun uçuş ağ yapısı, Dozic ve Kalic (2014) tarafından tanımlanan ağa dayandığı ve bazı yeni rotalarla genişletildiği belirtilmiştir. Bu nedenle, rota ağı toplamda 27 rotadan oluşturulmuştur.

Dozic ve Kalic (2015a), kısa ve orta menzilli rotalar için uygun uçak kategorilerini belirleyip gereken uçak sayısını hesapladıktan sonra, alternatifler arasından en uygun seçimi yapmak için Denk Değişimler Yöntemi (ESM: Even Swaps Method) yöntemini kullanmışlardır. Alternatifler, yolcu kapasitesine göre "küçük" ve "orta" olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Modelde değerlendirilen kriterler arasında yolcu kapasitesi, uçak maliyeti, maksimum kalkış ağırlığı (MTOW: Maximum Take-Off Weight), yolcu başına bagaj kapasitesi ve birim maliyetler yer almaktadır. Çalışmada, küçük uçak kategorisinde ATR 72-600, orta uçak kategorisinde ise Airbus A319NEO en uygun seçenekler olarak belirlenmiştir.

Dozic ve Kalic (2015b), çalışmasında ödeme koşulları kriterini Dozic ve Kalic (2015a) çalışmasına dahil edip, ESM ve AHP yöntemlerini küçük uçak kategorisinde karşılaştırarak, her birinden elde edilen çözümleri incelenmiştir. AHP ve ESM arasındaki farklar dikkate alınarak, farklı şekillerde bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Sunulan iki ÇKKV metodolojisi ve bunların duyarlılık analizi göz önüne alındığında, ESM'nin, karar vericilerin tüm alternatifleri seçilen kriterlere göre sıralayabildiği durumlar için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Karar vericiler sıralama yapamadığında ve yalnızca çiftler halinde karşılaştırmalar mümkün olduğunda ise AHP'nin daha uygun bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak her iki yöntemle de aynı uçağın en iyi alternatif olduğu gösterilmiştir.

Özdemir ve Başlıgil (2016), önceki çalışmalarının bir devamı olarak, bir Türk havayolu şirketi için alternatif uçaklara ilişkin belirlenen kriterlere göre en uygun uçağın

seçimini ÇKKV problemi olarak ele almıştır. Çalışmada kullanılan kriterler ve alternatifler, Ozdemir, Basligil ve Merve (2011)'deki ile aynıdır. Değerlendirme sürecinde, ÇKKV tekniklerinden bulanık ANP ve Choquet integrali yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra bu metodolojilerin sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla, Choquet integrali ve bulanık ANP de kullanılan aynı veri setiyle bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Bu süreç, ana kriterler ile alt kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılıkları, bunlar arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri ve çevresel belirsizlikleri belirlemeyi sağlamıştır. Değerlendirme süreci sonucunda her iki yöntem de aynı uçağı en uygun seçenek olarak belirlemiş ancak alternatiflerin sıralamaları farklı olmuştur. Bu farkın nedeni, ANP ve AHP hesaplama adımlarında kriterlerin etkileşimsiz olduğu varsayımının yapılmış olması, oysa gerçekte ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin tamamen etkileşimsiz olmamalarıdır. Choquet integral metodolojisi ise, ana kriterler ve alt kriterler arasındaki etkileşimleri dikkate almıştır (Özdemir ve Başlıgil, 2016).

Dozic, Lutovac ve Kalic (2018), bilinen rota ağı ve tahmini yolcu talebine göre en iyi şekilde pazara ve havayolunun gereksinimlerine uygun uçak tipi(ler)i seçmeye yardımcı olmak için Belgrad Havaalanı'ndan faaliyet gösteren bir bölgesel havayolu seçmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP: Fuzzy Analytic Hierarchy Process) tabanlı bir yaklaşım ile, belirsiz çift karşılaştırma matrislerinden net öncelikler elde etmek için, bir logaritmik bulanık tercih programlama (LFPP: Linear Functions for Pseudo-criterion Preference) yöntemi ve geliştirilmiş bir LFPP yöntemi kullanılmaktadır. Nicel ve nitel yönleri içeren farklı kriterlere ilişkin olarak, üç ana kriter ve on alt kriter seçilmiştir. Farklı havayolu şirketlerinden ve üniversitelerden uzmanlar, kriterler ve alt kriterler için çift karşılaştırma matrislerinin tasarımına katkıda bulunmuştur. Girdi verileri, Dozic ve Kalic (2015a) çalışmasından alınmıştır. Bu araştırmanın odak noktası, 100 koltuktan az kapasiteye sahip küçük uçaklarla hizmet verilen rota seti (Belgrad'dan Saraybosna, Podgorica, Tivat, Ljubljana, Viyana, Skopje, Selanik ve Prag'a yapılan sekiz rota) üzerine olmuştur. Yapılan çalışmanın sonucunda da daha önceki çalışmalarında olduğu gibi Dozic ve Kalic, 2014; Dozic ve Kalic, 2015a; Dozic ve Kalic, 2015b, ATR 72-600 en uygun uçak olarak belirlenmiştir (Dozic, Lutovac ve Kalic, 2018).

Kiracı ve Bakır (2018), havayolu şirketlerinin en fazla tercih edilen uçak modellerini, çeşitli kriterler doğrultusunda değerlendirerek en uygun modeli belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada, 2016 yılında en çok sipariş edilen dört alternatif (A320, A321, B737-800 ve B737-900ER) uçak, maliyet, performans ve çevresel faktörler açısından

yedi kriter altında AHP, Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS: Complex Proportional Assessment:) ve Oran Analizi ile Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi (MOORA: Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis:) yöntemleriyle analiz edilmiştir. Kriterler, literatür taraması ve havayolu sektöründe akademik ve/veya sektörel deneyime sahip sekiz uzmanın desteğiyle belirlenmiştir. Elde edilen bulguların, farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin tutarlı sonuçlar verdiğini ve Boeing 737-800'ün en uygun uçak tipi olarak belirlendiğini ortaya koymaktadır (Kiracı ve Bakır, 2018).

Ilgın (2019), hipotetik bir uçak seçimi çalışması için Doğrusal Fiziksel Programlama (LPP: Linear Programming Programme) ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Uçak değerlendirme sürecinde, literatür taramasına dayalı olarak belirlenen beş kriter (uçağın fiyatı, yakıt tüketimi, menzil, koltuk sayısı, bagaj hacmi) ve altı kısa-orta menzilli uçak ele alınmıştır (A319NEO, A320NEO, A321NEO, B737(MAX7), B737(MAX8), B737(MAX9)). Çalışmanın ilk bölümünde, şirkette çalışan karar vericiler her bir kriter için tercih edilebilirlik seviyelerine dayalı bir tercih değerleri aralığı değerlendirmiş ve kriter ağırlıkları elde edilmiştir. LPP ağırlık algoritması C++ kullanılarak kodlanmış, kriter ağırlıkları bu algoritma kullanılarak elde edilmiştir. Her bir uçak için bir LPP modeli, Lingo (v17) matematiksel programlama yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu modeller çözülerek hedef değerlerden sapmalar ve her bir uçak için toplam puanlar belirlenmiştir. Aynı amaç doğrultusunda TOPSIS yöntemi de uygulanmış ve doğrudan atanan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Her iki yöntem de aynı sıralamaları vermiş olup en uygun uçak A321NEO olarak belirlenmiştir. Yazar, TOPSIS yönteminde alternatiflerin sıralamasının büyük ölçüde kriter ağırlıklarına bağlı olduğunu ve bu ağırlıkların karar vericiler tarafından öznel olarak atandığını vurgulamış, LPP yönteminde ise karar vericilerin, fiziksel olarak anlamlı değerler kullanarak tercih aralıklarını tanımladığını belirtmiştir. Başka bir deyişle, LPP'de öznel ağırlık atama süreci ortadan kaldırılmıştır (Ilgın, 2019).

Ahmed vd., (2020), yeni bir bakış açısı sunarak bulanık AHP (FAHP) ve etkililik yöntemini birleştirerek Kanada'nın kısa mesafeli bölgesel operasyonlarını dikkate alan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma, beş ana kriter, on beş alt kriter ve dört bölgesel uçak alternatifi ile yapılmıştır. Ana kriterler; maliyet, tasarım konfigürasyonu, çevresel etki, yakıt yükü, yolcu ergonomisi ve iç mekan özellikleri olarak belirlenmiştir. Özellikle yolcu konforu ve çevresel etkinin Kanada hava taşımacılığı sağlayıcıları için önemli

olması yapılan araştırmalarla belirlenmiş ve bu çalışmaya kriter olarak eklenmiştir. Alternatif uçaklar, literatür taraması, yerel Kanada pazar talebi ve havacılık endüstrisinde çalışan üç deneyimli uzman görüşü alınarak MRJ90LR, ARJ21-700, Q400 ve CRJ700 olarak belirlenmiştir. FAHP ağırlıklarına dayalı olarak, alternatiflerin nihai sıralamaları etkililik yöntemiyle elde edilmiş ve ARJ21-700 alternatifinin, dikkate alınan kriterler altında Kanada'nın bölgesel havacılık pazarı için en uygun uçak olduğu sonucuna varılmıştır.

Kiracı ve Akan (2020), literatürdeki diğer uçak seçimi çalışmalarından farklı olarak, Interval Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (IT2FAHP: Interval Type-2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process) ve Interval Tip-2 Bulanık Benzerlik Yöntemiyle Sıralama (IT2FTOPSIS: Interval Type-2 Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) hibrit yöntemlerini kullanmıştır. Teknik, ekonomik ve çevresel etki kriterleri olmak üzere üç ana kriter belirlenmiştir. Alt kriterler, uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Karar vericiler tarafından IT2FAHP yöntemiyle belirlenen en yüksek ağırlıklı alt kriterler uçak seçimi için kullanılmıştır. Sonuç olarak dört teknik kriter, iki ekonomik kriter ve iki çevresel etki kriterinden oluşan toplam sekiz alt kriter ile uçak seçimi modeli uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra, bu sekiz kriterin ağırlıkları, eşit karşılaştırmalarla IT2FAHP kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kriterlerin ağırlıkları, uçak seçiminde hangi kriterlerin daha fazla öneme veya ağırlığa sahip olduğunu göstermiştir. Alternatif uçaklar A320NEO, A321NEO, B737 MAX8 ve B737MAX9, uçakların sıralanarak seçimi IT2FTOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan alışma sonucunda belirlenen kriterler altında en uygun uçağın A321NEO olduğu tespit edilmiştir (Kiracı ve Ercan, 2020).

Kocakaya vd., (2021), Türkiye'de kurulması planlanan bölgesel havacılık operasyonlarında kullanılabilecek uçak modellerinin seçimi hedeflenmiştir. Uçak seçimi, maliyet, teknik özellikler ve emniyet olmak üzere üç ana kriter altında tanımlanmış on alt kriterin değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, belirlenen dokuz alternatif uçak modeli (ERJ-135, ERJ-145, ERJ-170, ERJ-175, ERJ-190, ERJ-195, CRJ-100/200, CRJ-900, CRJ-700) arasındaki sıralama, Küresel Bulanık Kümelerin karar verme yöntemlerinin uygulanmasıyla sağlanmıştır. AHP metodunun küresel kümelere entegrasyonu ile uçak seçim kriterlerinin ağırlıkları belirlenmiş; alternatiflerin sıralaması ise TOPSIS yönteminin küresel kümelere entegrasyonu ile yapılmıştır. Ayrıca, iki farklı ortalamanın karşılaştırılması amacıyla Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM:

Spherical Weighted Averaging Mean) ve Küresel Ağırlıklı Geometrik Ortalama (SWGM: Spherical Weighted Geometric Mean) operatörleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre, SWAM ile Bombardier CRJ-100/200 en iyi alternatif olarak belirlenirken, SWGM operatörü ile Embraer ERJ-135 bölgesel havacılık operasyonları için en uygun uçak modeli olarak saptanmıştır (Kocakaya vd., 2021).

Ardil (2021), bileşik programlama ve uzlaşma programlama yaklaşımının geliştirilmesi yoluyla, çok kriterli karar verme analizinde belirsizliğin ele alınmasına yönelik metodolojinin iyileştirilmesi olasılığına odaklanmıştır. Bileşik programlama ve uzlaşma programlama modellerine dayalı olarak belirsizliğin ele alınmasına yönelik yeni bir yaklaşımla, uçakların değerlendirme metodolojisi süreci zenginleştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, kompozit programlama ve uzlaşma programlama yöntemlerinin bir karşılaştırmasını sunmuş ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasında ortalama ağırlık tekniği kullanılmıştır. Model, maksimum kalkış ağırlığı, koltuk kapasitesi, yakıt tüketimi, koltuk başına yakıt tüketimi ve uçak fiyatı olmak üzere beş karar kriterine dayalı bir uçak seçim sürecini doğrulamıştır. Dört ticari yolcu uçağı (A320NEO, A321NEO, B737-8 MAX ve B737-9 MAX) çok kriterli değerlendirme problemi için seçilmiştir. Önerilen yaklaşım ile elde edilen sonuçlar, hassasiyet analizinin her iki bölümünde de ikinci alternatif olan A321NEO'nun en iyi çözüm olduğunu göstermiştir (Ardil, 2021).

Güneş (2022), havayolları için en iyi geniş gövde yolcu uçağını belirlemek amaçlanarak, B787-8 MAX, B787-9 MAX, A330-900 ve A350-900 uçakları alternatif olarak dört ana kriter, on altı kriter ile değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek ve bunlar arasındaki etkileşimleri keşfetmek amacıyla, AHP ve Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL: Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemleri için hazırlanan anketler, her biri sektörde on yıldan fazla deneyime sahip dört havacılık endüstrisi uzmanı/karar vericisine uygulanmıştır. AHP ve DEMATEL yöntemlerini kullanarak iki kriter ağırlığı seti elde edilmiş ve ardından bu ağırlıklar TOPSIS yöntemiyle birleştirilmiştir. Uçak seçim kriterleri arasındaki etkileşimler, DEMATEL yöntemiyle etki ilişki haritaları aracılığıyla incelenmiş ve sunulmuştur. AHP-TOPSIS ve DEMATEL-TOPSIS yaklaşımlarının kullanımı, uçak seçimi bağlamında kriter bağımsızlığı varsayımının etkilerini incelemeyi mümkün kılmıştır. Bulgular, AHP-TOPSIS yaklaşımında B787-8, DEMATEL-TOPSIS yaklaşımında ise A350-900 en iyi seçenek olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardaki farklara rağmen, her iki yaklaşım arasında A330-900'ün en kötü seçenek olarak belirlenmesinde

bir anlaşmazlık yoktur. İki yaklaşım arasındaki sonuçlardaki uyumsuzluk, AHP yönteminin kriter ağırlıkları belirlenirken kriter bağımsızlığı varsayımının etkisi olarak belirtilmiştir.

Güntut ve Gökdalay (2023), düşük maliyetli bir havayolu şirketinin filo planlama sürecinde uçak modeli seçiminde havayolu yöneticilerine yardımcı olabilecek bir karar destek modeli oluşturulması amaçlamıştır. Beş ana kriter ve yirmi bir alt kriter ile on yedi farklı dar gövdeli uçak tipi Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA ÇKKV yöntemleri uygulanarak değerlendirilmiştir. Karar destek modelindeki kriterlerin belirlenmesinde, bazı kriterler Türkiye'de faaliyet gösteren üç havayolu şirketinin filo planlamasından sorumlu uzmanlarla oluşturulmuş, bazıları ise literatürdeki çalışmalardan alınmıştır. Her iki yöntemde de uçakların sıralamalarının aynı olduğu görülmüş ve A321NEO modeli birinci sırada tercih edilmiştir (Güntut ve Gökdalay, 2023).

Bağcı ve Kartal (2024), havayolu şirketlerinde uçak seçimi gibi önemli bir karara odaklanarak, çok kriterli karar verme yaklaşımları arasında yer alan Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (SWARA: Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) ve Karmaşık Orantılı Değerlendirme (COPRAS: Complex Proportional Assessment) yöntemlerini bir araya getirerek örnek bir model sunmayı amaçlamaktadır. Tam hizmet modelini benimseyen ve topla-dağıt ağ yapısını kullanan şirketlere odaklanarak, dar gövdeli yolcu uçağı alternatifleri, satın alma maliyeti, maksimum koltuk kapasitesi, menzil, maksimum kalkış ağırlığı, kargo kapasitesi ve maksimum yakıt kapasitesi kriterleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Uçak alternatiflerinin seçimi sırasında çalışma, havacılık alanında uzmanlaşmış uluslararası bağımsız bir değerlendirme kuruluşu olan SKYTRAX verilerini ve Türkiye'deki havayolu şirketlerinin filo yapılarını dikkate almıştır. Bu şirketlerin uçak filolarının incelenmesi sonucunda, ağırlıklı olarak Boeing ve Airbus tarafından üretilen uçakların kullanıldığı görülmüş ve bu şirketler tarafından üretilen yedi (B737-7 MAX, B737-8 MAX, B737-9 MAX, B737-10 MAX ve A319NEO, A320NEO, A321NEO) yeni nesil dar gövdeli uçak türü alternatifler olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda en uygun alternatifin A321NEO olduğu belirlenmiştir (Bağcı ve Kartal, 2024).

4. DÜŞÜK MALİYETLİ BİR HAVAYOLU İÇİN UÇAK SEÇİMİNDE DİKKATE ALINAN KRİTERLER VE VERİ SETİ

Bir düşük maliyetli havayolu şirketinin ikinci el uçak alım sürecinde dikkate alması gereken dört temel kriter; tasarım özellikleri, maliyet, emniyet geçmişi ve uçağın bakım durumu olarak belirlenmiştir. Tasarım özellikleri kriteri; maksimum uçuş menzili, yakıt verimliliği, maksimum kargo kapasitesi, maksimum yakıt kapasitesi ve winglet kanat ucu komponentlerinin varlığı alt kriterleri üzerinden değerlendirilmiştir. Maliyet kriteri ise koltuk mil maliyeti, işletme maliyeti ve uçağın satın alma maliyeti alt başlıklarıyla incelenmiştir. Emniyet geçmişi kriteri, uçağın kaza/kırım durumu ile kronik arıza geçmişi dikkate alınarak değerlendirilmiş; bakım durumu kriteri ise uçuşa elverişlilik direktifi (AD: Airworthiness Directive) uyumluluğu, Planlı Bakım (MPD:Maintenance Planning Document) Durumu, Ömür Sınırına Sahip Komponent Durumu (LLP: Life Limited Part) ve Zaman Kontrollü Komponent Durumu (HT:Hard Time) komponentlerinin durumu üzerinden analiz edilmiştir. Tablo 4.1.'de ana ve alt kriterler verilmiştir.

Tablo 4.1. AHP yöntemiyle uçak seçimi için belirlenen kriterler ve alt kriterler

Ana Kriter Sembol	Ana Kriter	Alt Kriter Sembol	Alt Kriter
K_1	Tasarım Özellikleri	K_{11}	Maksimum Uçuş Mesafesi (km)
		K_{12}	Yakıt Verimliliği (km/L)
		K_{13}	Maksimum Kargo Kapasitesi (m^3)
		K_{14}	Maksimum Yakıt Kapasitesi (L)
		K_{15}	Kanat Ucu Komponentleri (Winglet)
K_2	Maliyet	K_{21}	Koltuk Mil Maliyeti
		K_{22}	İşletme Maliyeti
		K_{23}	Uçağın Maliyeti
K_3	Emniyet Geçmişi	K_{31}	Kaza/Kırım Durumu
		K_{32}	Kronik Arızalar
K_4	Uçağın Bakım Durumu	K_{41}	AD Durumu
		K_{42}	MPD Durumu
		K_{43}	HT Komponent Durumu
		K_{44}	LLP Komponent Durumu

4.1. Uçağın Tasarım Özellikleri

Düşük maliyetli havayolları için tercih edilecek uçakların tasarım özellikleri, operasyonel verimlilik ve maliyet avantajı açısından kritik bir rol oynamaktadır (Edwards, 2010). Bu havayolları, genellikle kısa ve orta menzilli rotalarda yüksek frekansla uçuş gerçekleştirdikleri için, yakıt tüketimi düşük, bakım gereksinimi az, hızlı dönüş süresine olanak tanıyan uçaklara ihtiyaç duyar (Chen ve Pawlikowski, 2015). Tek tip filo kullanımı, bakım ve eğitim maliyetlerini azaltarak operasyonel sadeliği desteklerken;

gelişmiş aerodinamik tasarım, kompozit malzeme kullanımı ve yeni nesil motorlar da yakıt verimliliğini artırarak doğrudan işletme maliyetlerini düşürmektedir (Zhou, 2024). Bu nedenle uçak tasarımı, sadece teknik yeterlilik değil, aynı zamanda havayolu iş modeliyle uyumlu bir stratejik seçim haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında tasarım özellikleri kriteri; maksimum uçuş mesafesi, yakıt verimliliği, maksimum kargo kapasitesi, maksimum yakıt kapasitesi ve winglet kanat ucu komponentlerinin varlığı alt kriterleri ile değerlendirilmiştir.

4.1.1. Maksimum uçuş mesafesi (km)

Maksimum uçuş mesafesi düşük maliyetli havayolları açısından oldukça önemli bir parametredir.

Maksimum uçuş mesafesi, bir uçağın yakıt ikmali yapmadan havada kat edebileceği toplam mesafeyi ifade eder ve genellikle "uçağın menzili" olarak da adlandırılır. Bu, uçağın tam dolu yakıt deposuyla kesintisiz olarak uçabileceği uzaklığı tanımlar (Semercioğlu ve Özkoç, 2019). Potansiyel kârlılığı en üst düzeye çıkarmak için, işletmeler mevcut pazar taleplerine odaklanarak, doğru zamanda, doğru rotalarda doğru uçak tipini seçmeye çalışmaktadır (Husemann, Schäfer ve Stumpf, 2018).

Havayolu işletmeleri, pazarlama stratejileri doğrultusunda filo yönetiminde uçak tipi standardizasyonu ile farklı uçak tiplerinde uzmanlaşma arasında stratejik bir tercih yapmak durumundadır. Özellikle LCC'belirli pazar segmentlerine odaklanarak sınırlı hizmet sunan noktadan noktaya uçuş modeli çerçevesinde, operasyonel verimliliği artırmak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla genellikle tek tip uçaktan oluşan homojen filolar kullanmaktadır (Baxter ve Srisaeng, 2022). Bu bağlamda, aynı üreticiye ait benzer uçak modellerinin birlikte işletilmesini ifade eden “aile konsepti”, bakım, eğitim ve yedek parça yönetimi gibi alanlarda ölçek ekonomileri yaratarak maliyet avantajı sağlamaktadır. Aile konsepti, aynı uçak ailesine ait modeller arasında pilot eğitim sürelerinin kısalması, ortak bakım prosedürlerinin uygulanabilmesi ve yedek parça envanterinin sadeleştirilmesi gibi avantajlar sunmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle düşük maliyetli taşıyıcılar için filo yönetiminde operasyonel esnekliği artırırken toplam sahip olma maliyetlerini de düşürmektedir (Brüggen ve Klose, 2010; Zuidberg, 2014; Doganis, 2019).

Genel olarak, havayolları, kısa mesafeli rotalarda talep nispeten yüksek olduğunda, düşük frekanslı ve büyük uçaklar yerine, yüksek frekanslı ve küçük uçakları tercih

etmektedir. Dünyadaki havaalanları ve kısa mesafeli rotalarda havayollarının uçak boyutu tercihlerine dair yapılan ampirik bir inceleme, yüksek frekanslı ve küçük uçakların tercih edilmesinin ana nedeninin, havayolları arasındaki rekabette hizmet sıklığının önemi olduğunu ortaya koymuştur. Frekansı yüksek tutarken yüksek doluluk oranını korumaya çalışmak için havayolları uçak boyutunu küçültmek zorundadır (Givoni ve Rietveld, 2010).

Düşük maliyetleri havayolu işletmeleri uzun mesafeli ve yoğun talep gören güzergahlarda hizmet sunarak, daha önce tam hizmet taşıyıcıların hakim olduğu pazarlara girmeyi hedeflemektedir. Bu durum LCC'lere rekabet avantajı ve gelir çeşitliliği sağlamaktadır (Acar ve Karabulak, 2015).

Daha uzun menzilli uçaklar, yolculara aktarmasız uçuş imkanı sunarak seyahat sürelerini kısaltmakta ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Bu durum, özellikle tatil destinasyonlarına yönelik yoğun talep olan dönemlerde, tatilciler ve fiyat bilincine sahip yolcular için cazip bir strateji olmaktadır (Efthymiou ve Christidis, 2023).

LCC'ler, daha uzun menzilli uçaklarla tam hizmet taşıyıcıların sunduğu hizmetlere alternatif sunarak ve daha düşük fiyatlarla müşteri potansiyelini arttırmayı planlamaktadır (Kim ve Lee, 2011).

Örneğin, Şekil 4.1'e göre Ryanair faaliyet alanını, daha kısa mesafeli uçuş imkanları sunmayan yeni coğrafi bölgelere doğru genişletmesi neticesinde, havayolunun ortalama uçuş mesafesi sürekli ve istikrarlı bir artış göstermiştir. 2000 yılında yalnızca Dublin ve Stansted üsleriyle 600 km'nin biraz üzerinde olan uçuş mesafesi, 2015 sonrasında çoğu ay için 1200 km'nin üzerine çıkmıştır (Efthymiou ve Christidis, 2023).

Havayolu şirketlerinin bu ihtiyaçlarını dikkate alan uçak üreticileri, özellikle düşük maliyetli havayolu işletmelerine yönelik olarak Boeing 737-8 MAX ve Airbus A320NEO gibi yeni nesil dar gövde uçaklar üretmeye başlamıştır.

Boeing 737-800 model uçağının maksimum uçuş mesafesi 5847 km iken, bu uçak temel tasarım (base line) alınarak üretilen Boeing 737-8 MAX model uçağının maksimum uçuş mesafesi 6556'dır (Heerden, Guenov ve Molina-Cristobal, 2019). Tablo 4.2. ve Tablo 4.3. de zaman içerisinde 737 modelinde yapılan yenilikler verilmiştir.



Şekil 4.1: Ortalama Uçuş Mesafesinin Evrimi (Aylık) (Efthymiou ve Christidis, 2013)

Havayolu  irketlerinin uçak seçerken uçuş menziline dikkat etmesi, operasyonel verimliliği artırmak, yakıt maliyetlerini optimize etmek ve hedef pazarların ihtiyaçlarını karşılamak açısından kritik öneme sahiptir. Doğru uçak seçimi, hem uzun mesafeli hem de kısa mesafeli u u larda şirketlerin rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda yolcu memnuniyetini sağlamalarına olanak tanımaktadır.

Tablo 4.2. *Boeing 737 MAX modelinin varyasyonları (Heerden, Guenov, ve Molina-Cristobal, 2019)*

Boeing 737 MAX Modelinin Varyasyonları				
Model	İlk Uçuş	Ücretli Yük Kapasitesi (kg)	Range (km)	Detayları
737-7	16.03.2018	13110	7130	Boeing 737-700 modeline kıyasla daha uzun bir gövdeye sahip olan bu varyasyon, daha yüksek ağırlıkları taşıyabilmesi amacıyla 737-8'in kanat ve iniş takımlarını kullanmaktadır. Ayrıca, kanat üzerinde bir adet yerine iki adet acil çıkış bulunmaktadır. Yapısal güçlendirme ve gövde kalınlaştırma işlemleri yapılmıştır.
737-8	29.01.2016	15200	6556	737-800 modelinin başlıca türevidir.
737-9	13.04.2017	16910	6556	737-8'in türevidir. Gövdesi 737-900ER modeline dayanmaktadır.
737-10	Resmi Tanıtım 19.06.2017	17860	6112	737-9'un 1.67 m uzatılmış bir türevi olan bu model, Boeing'in açıklamasına göre kalkış sırasında yeterli rotasyon açısını sağlamak amacıyla yeni tip kaldırma ana iniş takımı, ilave acil çıkış kapıları, yeniden tasarlanmış arka basınç perdesi ve revize edilmiş bir kanat yapısıyla donatılacaktır.

Tablo 4.3. Boeing 737 NG modelinin varyasyonları (Heerden, Guenov, ve Molina-Cristobal, 2019)

Boeing 737 NG Modelinin Varyasyonları				
Model	İlk Uçuş	Ücretli Yük Kapasitesi (kg)	Range (km)	Detayları
737-600	22.01.1998	9215	6730	737-500 ile aynı gövde boyutlarına sahiptir.
737-700	09.02.1997	12160	6697	737-300 ile aynı gövde boyutlarına sahiptir.
737-800	31.07.1997	15200	5847	Uzatılmış 737-400 gövdesine sahiptir.
737-900	03.08.2000	16815	3704	737-800 modelinin uzatılmış türevi olup, gövdenin ön bölümüne 1.37 m, arka bölümüne ise 1.07 m uzunluğunda ek yapısal segmentler entegre edilmiştir.
737-900ER	01.09.2006	16815	5289	Arttırılmış yolcu kapasitesine ve uzun menzile, sahip 737-900 modelinin geliştirilmiş versiyonudur. Yapısal olarak güçlendirilmiş iniş takımı, daha kalın kanat kaplaması, düz tasarımlı arka basınç perdesi ve ilave acil çıkış kapısı ile donatılmıştır.

4.1.2. Yakıt verimliliği (km/L)

Yakıt maliyetleri, zaman dilimine ve coğrafi konuma bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebilmektedir. Genellikle toplam operasyonel giderlerin %15-25'ini, bir havayolunun toplam maliyetlerinin ise %10-15'ini yakıt maliyetleri oluşturmaktadır (Khvedeliani, 2002).

Yakıt tüketimini azaltmak, havacılık endüstrisi için temel bir hedeftir. Yakıt fiyatlarındaki artış, bu maliyetin havayolu şirketlerinin toplam giderlerine olan oranını artırmıştır. Uçak operasyonları, 10 yıl öncesine göre şimdiden %20'den fazla daha verimli hale gelmiş olsa da, havacılık endüstrisi bu konuda daha fazla çaba harcanması gerektiğinin farkında olarak, yakıt tüketimi açısından verimliliği artırma çabalarını devam ettirmektedir (Mrazova, 2013). Verimli bir şekilde çalışabilme, havacılık endüstrisinin geleceği için kritik öneme sahiptir. Bu durum yalnızca çevresel nedenlerden değil, aynı zamanda yakıtın sektörün en maliyetli giderlerinden biri olması nedeniyle finansal açıdan da büyük önem taşımaktadır. Günümüzde havayolu şirketleri, büyük ölçüde dalgalı jet

yakıtı fiyatları nedeniyle hızla değişen bir iş ortamıyla karşı karşıyadır. Bu nedenle yakıt verimliliği için yapılan iyileştirmeleri yakından takip etmektedir (Hassan, Sobaih ve Salem, 2021).

Motorlar, uçaklardan kaynaklanan çevresel emisyonların başlıca kaynağıdır. Bu nedenle araştırmacılar dünya çapında, bu olumsuz çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahip oldukları için mevcut motor teknolojilerindeki olası iyileştirmeleri keşfetmeye yönelik yoğun bir şekilde çalışmalar yapmaktadırlar. Günümüzde, çoğu havayolu uçağı, on yıllardır yaygın olarak kullanılan ve verimlilik ve istikrar açısından önemli ölçüde evrimleşmiş olan turbofan motorlarıyla donatılmıştır (Kuropatwa, Wegrzyn ve Kozuba, 2022).

Son yıllarda, turbofan motorlarının verimliliğini ve çevresel sürdürülebilirliğini artırmak için birçok teknolojik gelişme yaşanmıştır. Havacılık endüstrisi uzmanları, 2050 yılına kadar teknoloji alanındaki ilerlemelerin, yakıt verimliliğinde %40-50'lik bir iyileşmeye yol açacağını, bu iyileşmenin önceliğinin yakıt verimliliği olacağını ve NO_x emisyonlarının azaltılmasında ise %30-40'lık bir iyileşme sağlanacağını öngörmüşlerdir (Ranasinghe vd., 2019).

Bu konuda yapılan en önemli teknolojik iyileştirmelerden biri CFM56 serisinin yerini almak üzere tasarlanan Havacılıkta İleri Düzey İtki Teknolojileri (LEAP: Leading Edge Aviation Propulsion) motorudur ([http-7](http://7)).

CFM bu motoru 2016 yılında piyasaya sürmüştür. Bu yeni motor tasarımı, daha fazla kompozit malzeme kullanımı ve 11:1 bypass oranına ulaşarak %15 daha az yakıt tüketimi ve CO_2 emisyonu sağlamıştır ([http-8](http://8)). LEAP motoruyla CFM'nin ana hedefi, hem itki verimini hem de termal verimi artırmaktır. Bu hedefe, yüksek sıkıştırma oranları, yüksek çekirdek sıcaklıkları ve yakıt tasarrufu sağlayan Çift Halkalı Ön Girdap (TAPS: Twin Annular Pre-Swirl) yakıcı ile ulaşılmıştır. TAPS ile ideal bir yakıt-hava karışımı oluşturularak %50 ye kadar daha düşük NO_x emisyonu üretimi sağlanmıştır (Ranasinghe vd., 2019).

LEAP motorunun rakiplerine kıyasla sunduğu en büyük avantaj, benzer boyuttaki dişli turbofan motorlarının henüz gösteremediği tasarım güvenilirliğidir. Yüksek Teknoloji Hazırlık Seviyesi ve güvenilirliği, LEAP-1A motorunu Airbus A320NEO ve LEAP-1B Boeing 737-8 MAX gibi birçok ticari uçak üreticisi için cazip hale getirmiştir (Magdalina ve Hensey, 2018; Heerden, Guenov ve Molina-Cristobal, 2019).

Havayolları, uçak tercihlerini yaparken motor seçenekleri açısından genellikle sınırlı alternatiflere sahiptir. LEAP-1A motoru Airbus A320NEO, LEAP-1B ise Boeing 737-8 MAX için geliştirilmiştir. Her ne kadar aynı motor ailesine ait olsalar da, tasarımları farklı uçaklara özgü olacak şekilde uyarlanmıştır (Allianz Global Corporate and Specialty, 2014). Özellikle Boeing 737MAX'in yere yakın gövde yapısı nedeniyle LEAP-1A motoru bu uçakta kullanılamamaktadır. Bu durum LEAP-1B'nin daha küçük fan çapına ve özel bir montaj tasarımına sahip olacak şekilde üretilmesini gerektirmiştir (http-8).

Bununla birlikte, havayolu şirketlerinin motor seçimi konusunda geniş bir esnekliğe sahip olmadığı görülmektedir. Boeing uçaklarında tek motor seçeneğinin bulunması ve Airbus modellerinde yalnızca iki farklı motor alternatifi sunulması, bu seçimleri önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Örneğin, Airbus A320 ailesi için yalnızca iki motor seçeneği mevcuttur: A320CEO modellerinde CFM56-5B (http-9) veya IAE V2500 (http-10), A320NEO modellerinde ise LEAP-1A veya PW1100G motorları kullanılmaktadır (Kurotwa, Wegrzyn ve Kozuba, 2022; http-11; http-12). Boeing 737 uçaklarında ise genellikle tek bir motor seçeneği bulunmaktadır; 737NG modelleri CFM56-7B, 737-8 MAX modelleri ise LEAP-1B motorlarıyla donatılmıştır (http-9; http-13).

Bu sınırlamalar, havayolu şirketlerinin operasyonel verimlilik, bakım maliyetleri ve filo uyumluluğu açısından daha az esneklikle hareket etmelerine neden olmaktadır. Dolayısıyla, uçak üreticileri tarafından sunulan motor seçenekleri, havayollarının operasyonel stratejilerini ve satın alma kararlarını doğrudan etkilemektedir.

4.1.3. Maksimum kargo kapasitesi (m^3)

Toplam kargo kapasitesi, bir havayolunun gelirini, operasyonel verimliliğini ve pazar taleplerine yanıt verme yeteneğini doğrudan etkilediği için kritik bir faktördür.

Havayolu şirketleri sadece yolculardan değil, aynı zamanda kargo taşımacılığından da önemli gelir elde etmektedir. Kargo, özellikle yolcu talebinin düşük olduğu güzergâhlarda yüksek kâr marjına sahip olabilir. Yolcu uçuşlarında, uçağın kargo bölümünde genellikle eşyalar/mallar taşınmaktadır. Uygun kargo kapasitesine sahip bir uçak seçmek, yolcu doluluk oranları tam olarak sağlanmasa bile uçuşun kârlılığını artırabilmektedir (Paethrangs, 2021).

Birçok havayolu, yolcu ve kargo hizmetlerinin bir kombinasyonu olarak işletilmektedir. Geniş kargo kapasitesine sahip uçaklar seçmek, bu iki pazara da hizmet

verme esnekliği sağlamaktadır. Kargo talebinin gl öldüğü rotalarda, yolcu talebi daha düşük olsa bile kargo nceliklendirilebilmekte ve bu karma kullanım yoluyla havayolu işletmeleri uçuş rotalarından kr elde edebilmektedir (Grimme, Maertens ve Bingemer, 2021).

Daha fazla kargo kapasitesine sahip havayolu şirketleri, özellikle kargo talebinin gl öldüğü pazarlarda rekabet avantajı elde etmektedir. Bu durum daha esnek hizmetler sunmalarını, farklı mteri ihtiyaçlarını karılamalarını ve ek gelir kaynakları yaratmalarını sağlamaktadır. Daha fazla kargo taşıyabilen bir uçak, havayolu şirketlerinin işletme maliyetlerini daha yüksek gelir getiren taşınan varlıklar üzerine dağıtmasına olanak sağlamakta ve genel kârlılığı artırmaktadır(Gualini, Zou ve Dresner, 2023).

Dünya ticaretinin toplam hacminin yalnızca %1'i havayolu ile taşınmasına rağmen, yüksek değerli ürünlere yönelik odaklanma, uluslararası ticaret değerinin yaklaşık %35'lik bir payını oluşturmasına neden olmaktadır. Bu ticaret değerı, 2018 yılında 6.2 trilyon ABD doları açmış ve dünya gayri safi yurtiçi hasılasının %7.4'ne karşılık gelmiştir. Kargo kapasitesi, yalnızca kargo uçakları için değer, aynı zamanda yolcu uçaklarında bagaj taşıma hizmetinden elde edilen ek gelir açısından da önemli bir konudur (Köse ve Ceyda, 2022). Örneğin, Southwest Havayolları yakın zamanda kargo hizmetleri sunmaya balamı, ancak yıllık kargo taşımacılığı nispeten küçük kalmıştır (yılda 400.000 tondan az).

Kargo-yolcu karma taşımacılığı eğilimi, kargo uçaklarının kısıtlı filo kapasitesinin artan kargo talebini karşılayamaması nedeniyle yaygınlamıtır. Buna karşılık, yolcu uçaklarının kargo bölmesi alanı, uçuş başına sınırlı ağırlık kapasitesi sunmasına rağmen, yüksek uçuş sıklılığı ve geniş varış noktası seçenekleriyle sağladığı esneklik, bu eğilimin glenmesine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur (Bombelli, Santos ve Tavasszyc, 2020).

Ülkemizde Pegasus Havayolları yurtdışı ve Kuzey Kıbrıs uularında 14 ubat 2024 tarihi itibarıyla bagaj hakkı uygulamasını değerirerek, yolcu tarafından taşınacak bagajın çeşidine göre bilet tarifesi belirlemiştir (http-14). Yeni bagaj tarifesi, yolcuların yalnızca ihtiyaçları kadar bagaj hakkı satın almasına olanak tanımakta, ek bagaj ücretleri, özellikle yoğun sezonda ve uzun mesafeli uularda, havayolu için önemli bir ek gelir kaynağı oluşturmaktadır. Maksimum kargo kapasitesinin havayolu işletmeleri açısından öneminin farkında olan uçak üreticileri tek koridorlu dar gövde uçakları üretirken bu faydayı gzetmilerdir. Örneğin Mart 2017 de sertifikasyon süreci tamamlanan Boeing 737-8 MAX uçağının kargo kapasitesi 43.6 metre küp iken, halen sertifikasyon süreci

devam eden Boeing 737-10 MAX uçağının kargo kapasitesi 55.5 metre küp olarak tasarlanmıştır (Boeing, 2021).

4.1.4. Maksimum yakıt kapasitesi (L)

Havayolu işletmeleri, uçak seçimi yaparken uçakların yakıt kapasitesini de dikkate almaktadır. Yakıt kapasitesi, bir uçağın ne kadar uzun mesafe kat edebileceğini, hangi rotaları etkin bir şekilde uçabileceğini ve işletme maliyetlerini doğrudan etkilemektedir (Rolf, 2017). Doğru yakıt kapasitesine sahip bir uçak seçmek, hem kârlılığı artırmak hem de verimli ve çevre dostu bir operasyon yürütmek açısından kritiktir (Kıracı ve Mahmut, 2018).

Yeterli yakıt kapasitesine sahip uçaklar, aktarmasız uçuşları mümkün kılar. Aktarmasız uçuşlar, yolcuların zaman kaybetmeden daha hızlı ulaşmalarını sağlamakla birlikte tercih edilen bir hizmettir (Ennen, Allroggen ve Malina, 2019). Bu durum, rekabet avantajı sağlayarak müşteri memnuniyetini artırmaktadır (Korkmaz, 2013).

Yakıt, havayolu işletmelerinin en büyük maliyet kalemidir (http-15). Uçakların taşıyabileceği yakıt miktarı, operasyonel ve ekonomik verimliliği doğrudan etkilemektedir (Jupp, 2016). Havayolu şirketleri, daha az yakıtla daha uzun mesafe uçabilen uçakları tercih ederek, hem çevresel etkileri azaltmayı hem de yakıt maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir (Rolf, 2017). Bu durum, özellikle düşük maliyetli taşıyıcılar için stratejik bir avantaj sağlamaktadır (Kühn, 2023).

4.1.5. Kanat ucu komponentleri (winglet)

Havacılık sektöründe yakıt sarfiyatının önemi oldukça büyüktür. Havayolu operasyonlarında yakıt, en büyük maliyet kalemlerinden birini oluşturmakta ve toplam işletme maliyetinin yaklaşık %30-40'ına kadar çıkmaktadır. Yakıt tüketimindeki azalma, doğrudan operasyonel maliyetlerin düşmesini sağlayarak havayolu şirketlerinin daha kârlı olmasına olanak tanımaktadır (Chang ve Shao, 2011).

Yakıt tüketiminin azalması aynı zamanda çevresel açıdan da önemlidir. Havacılık sektörü, karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde arttırmaktadır. Yakıt tüketiminin azaltılması, karbon ayak izini düşürerek küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede de kritik bir rol oynamaktadır (Zou, Elke ve Mark, 2012).

Bu nedenle havayolu şirketlerinin uçak seçimlerinde yeni nesil uçaklarda kullanılan kanat ucu komponentleri (Winglet, Sharklet gibi), yakıt sarfiyatının azaltılması hedefiyle bağdaşmasından dolayı önemli bir kriter haline gelmiştir.

Winglet, uçağın indüklenmiş sürüklemesini azaltmak için kullanılan bir kanat ucu parçasıdır. Endplate Teorisi, aerodinamik alanda kanat ucu girdabını ve dolayısıyla indüklenmiş sürüklemeyi en aza indirmek için kanat ucu parçalarının kullanımını öneren ilk çalışmadır. Bu teori, 1897 yılında ortaya çıkmış ve İngiliz bilim insanı Fredrick W. Lanchester tarafından patentlenmiştir. Ancak, indüklenmiş sürüklemeyi azaltmasına rağmen, kanat ucu plakası cihazının kullanımıyla ortaya çıkan viskoz sürüklemenin artması, seyir koşullundaki indüklenmiş sürüklenme azalmasını aştığı için, uçağın toplam sürüklemesinde tam bir azalma elde edilememiştir (McLean, 2005). 1976 yılında Dr. Whitcomb, NASA'nın Langley Araştırma Merkezi'nde bir çalışma yaparak günümüzde modern uçaklarda kullanılan winglet teknolojisi konseptini geliştirmiştir (Ara, 2018).

Whitcomb'a göre, winglet, kanat ucundan uzanan ve diğer kanat ucu cihazları veya uzantılarıyla karşılaştırıldığında indüklenmiş sürüklemeyi azaltmayı hedefleyen küçük kanat benzeri dikey yapılardır. Yaptığı çalışmada wingletlerin kullanılmasıyla temel bir kanada kıyasla indüklenmiş sürüklemeye %20'ye kadar azalma ve taşıma-sürüklenme oranında iyileşme tespit etmiştir (Souza ve Catalano, 2018).

Ticari hava taşımacılığında kullanılan dar gövdeli uçaklarda yaygın olan winglet tipleri aşağıda detaylandırılmıştır.

4.1.5.1 Blended tip kanat ucu komponenti (Blended winglet)

1994 yılında Aviation Partners Inc. (API)'den Louis B. Gratzer, Whitcomb modelinde görüldüğü gibi kanat ucundan kanatçıklara geçişteki girişim sürüklemesini azaltmayı amaçlayan blended winglet konseptini geliştirmiştir (Gratzer, L.B. (1994). Blended Winglet. U.S.A Patent, No: 5348253). Bu winglet tasarımıdaki benzersiz özellik, kanat/winglet kesişiminde keskin bir kenar bulunmaması ve bunun yerine düzgün bir eğrinin takip edilmesidir (Ara, 2018). Birleşik wingletlerde kullanılan profil, kanat profilleri ile aynı aileden seçilerek yapısal ve fiziksel olarak yaşanabilecek olası sorunlar ortadan kaldırılmıştır (Rajendran, 2012). Boeing Aviation Partners, 2010 yılında blended tip kanat ucu komponenti kullanan uçakların 2 milyar galondan fazla yakıt tasarrufu sağladığını duyurmuştur. APB ayrıca, wingletlerin 2014 yılına kadar 5 milyar galon yakıt tasarrufu sağlayabileceğini belirterek karbon emisyonlarında büyük bir azalma

sağlanacağını yinelemiştir. Pratikte, birleşik winglet Boeing 737'nin menzilini %5 ila %7 oranında artırmıştır. Winglet teknolojisi ile %4 - %6 arasında yakıt tasarrufu sağlanmakta ve her uçak başına bir yılda binlerce galon yakıt tasarrufu anlamına gelmektedir (http-16).

Blended Winglet' in bir diğer önemli noktası ise gürültü seviyesinde %6.5 azalma sağlamasıdır. Bazı hava alanlarında iniş ücretleri gürültü seviyesine göre belirlenmektedir. Boeing 737'nin 700, 800 ve 900 modellerine blended winglet modifikasyonun fiyatı 750,000 ABD dolarıdır (Bachmann, 2019). Şekil 4.2' de Blended Winglet görsel olarak verilmiştir.



Şekil 4.2. Blended Winglet (Gongzhang ve Axtelius, 2020)

4.1.5.2 Split scimitar kanat ucu komponenti (Split scimitar winglet)

Split Scimitar Winglet, Boeing 737NG ailesindeki mevcut Blended Winglet tasarımının alt kısmına eklenmiş ikincil bir ventral destekle modifiye edilmiş ve gelişmiş halini içermektedir (Gratzer, L.B. (1994). Blended Winglet. U.S.A Patent, No: 5348253; Gutierrez ve Khalid, 2024). Uzun menzilli uçuşlar için %2 veya daha fazla sürüklenme azaltımı ve buna bağlı olarak menzil artışı sağlamaktadır. Bu wingletler, Boeing 737 NG uçaklar için tasarlanmış olup, şu anda yaklaşık 1700 737 NG yolcu uçağında kullanılmaktadır (http-17).

Split Scimitar Winglet tasarımı, yakıt tüketimini yaklaşık %1.5 oranında azaltmış, modifiye edilmemiş bir kanada göre sürüklemeyi %9.5 kadar azaltmış ve mevcut Blended Winglet yapılarına kıyasla seyir performansını %40'tan fazla artırmıştır (Gratzer, L.B. (1994). Blended Winglet. U.S.A Patent, No: 5348253). Boeing 737'nin 700, 800, 900 ve 900ER modellerini, blended winglet'ten split scimitar winglet'e modifiye etmenin maliyeti ortalama 430,000 ABD dolarıdır (Bachmann, 2019). Şekil 4.3' de Split Scimitar Winglet görsel olarak verilmiştir.



Şekil 4.3. *Split Scimitar Winglet* (Aviation Partners Boeing, 2015)

4.1.5.3 Gelişmiş teknoloji kanat ucu komponenti (*Advanced technology winglet*)

737 MAX serisinde kullanılan Advanced Technology Winglet tasarımı, önceki nesil *split scimitar winglet*'lerden ilham alınarak geliştirilmiş olup, daha sade ancak aerodinamik açıdan optimize edilmiş bir yapıya sahiptir. Görsel olarak Split Scimitar konfigürasyonuna benzese de, bu yeni nesil kanat ucu tasarımı, karakteristik kanca biçimindeki keskin kıvrımlardan arındırılmıştır. Yatay düzlemde ana kanatla daha yumuşak bir açı oluşturarak hava akışını daha verimli bir biçimde yönlendirir. Bu aerodinamik iyileştirme, indüklenmiş sürüklenmenin azaltılmasına katkı sağlamakta; bu sayede yakıt tüketiminde azalma ve uçuş menziline artış gibi önemli operasyonel avantajlar sunmaktadır (Wang, 2023).

Yeni nesil winglet tasarımı, uçuş menziline bağlı olarak 737 MAX kullanıcılarına ilave olarak %1.5'e varan yakıt tüketimi tasarrufu sağlamaktadır (Penning, 2012). Şekil 4.4' de gelişmiş teknoloji kanat ucu komponenti verilmiştir.



Şekil 4.4. *Advanced Technology Winglet* (Gongzhang ve Axtelius, 2020)

4.2. Maliyet

Maliyet havacılık endüstrisinde, uçakların işletme verimliliğini ve kârlılığını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Havayolu şirketleri, uçak seçimini yaparken, genel işletme maliyetlerini optimize etmek amacıyla, çeşitli metrikleri dikkate almaktadır. Bu metrikler arasında koltuk mil maliyeti (CASM), işletme maliyeti, uçak maliyeti ve filo standardizasyonu gibi unsurlar önemli bir yer tutmaktadır. Koltuk mil maliyeti, bir havayolunun bir mil boyunca bir koltuğun işletilmesi için harcadığı maliyeti temsil eder ve düşük CASM, daha verimli işletme anlamına gelmektedir (Köse ve Aktan, 2022). İşletme maliyeti ise yakıt, bakım ve mürettebat gibi unsurları içermektedir. Düşük işletme maliyetleri, havayolu şirketlerinin daha rekabetçi fiyatlar sunmalarını sağlamaktadır (Sun vd., 2024). Uçakların maliyeti ise, hem uçak edinme hem de kiralama kararları açısından kritik öneme sahiptir, çünkü bu maliyetler havayolunun finansal stratejilerini etkilemektedir (Marintseva ve Athousaki, 2024). Son olarak, filo standardizasyonu, operasyonel verimlilik ve maliyet tasarrufu açısından önemli bir rol oynar, çünkü standart bir filo, bakım ve operasyonel giderleri azaltarak rekabet avantajı sağlar (Atay vd., 2022).

Maliyet analizleri, havayolu şirketlerinin stratejik karar alma süreçlerinde temel bir araç niteliği taşımaktadır. Tüm bu faktörlerin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi, havayolu şirketlerinin uzun vadeli başarısını önemli ölçüde etkileyen stratejik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında maliyet kriteri koltuk mil maliyeti, işletme maliyeti ve uçağın satın alma maliyeti alt başlıklarıyla incelenmiştir.

4.2.1. Koltuk mil maliyeti

Koltuk mil maliyeti (Koltuk Başına Düşen Maliyet veya CASM olarak adlandırılır), havacılık endüstrisinde, özellikle uçak satın alırken değerlendirilen önemli bir metriktir.

Bu, bir havayolunun bir koltuğu bir mil boyunca işletmek için katlandığı maliyeti temsil etmektedir (Bakır ve Kiracı, 2018). Bu metrik, havayolu işletmesinin belirli bir uçağın verimliliğini ve kârlılığını anlamasına yardımcı olmaktadır. Düşük CASM, uçağın daha verimli işletilebileceği ve yolcu başına düşen yakıt, bakım, mürettebat ve diğer işletme maliyetlerinin azalacağı anlamına gelmekte ve operasyonel verimliliği temsil etmektedir (Tsoukalas, Belobaba ve Swelbar, 2008). Havayolları, kârlılığı en üst düzeye çıkarmak için düşük koltuk mil maliyetine sahip uçakları tercih etmektedir.

Yakıt, bir havayolunun işletme maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturur (Stalnaker, 2018). Modern, yakıt verimliliği yüksek motorlara sahip uçaklar genellikle daha düşük CASM'ye sahiptir, bu da onları özellikle uzun mesafeli uçuşlar için daha cazip hale getirir (Kharina, Rutherford ve Zeinali, 2016).

Havayolları genellikle CASM hesaplayarak bir uçağın genel filo stratejilerine uygun olup olmadığını değerlendirir. Düşük koltuk mil maliyetine sahip bir uçak, filo kullanımını optimize etmeye yardımcı olur ve havayolunun rekabetçi fiyatlar sunarken kârlılığı korumasını sağlar (Stalnaker vd., 2014).

Gelir yönetimi kapsamında CASM, havayollarının işletme maliyetlerine karşı potansiyel gelirleri değerlendirmelerine yardımcı olmaktadır (Hansman ve Jiang, 2006). Bu durum, havayolu işletmelerinin bilet fiyatlarını stratejik olarak belirlemelerini ve her uçuşta işletme giderlerini karşılayarak kâr elde etmelerini sağlamaktadır (Jiang, 2009).

Havayolları, belirli rotalar için hangi uçağın en kârlı olacağını belirlemek amacıyla CASM analizleri yapmaktadır. Düşük CASM'ye sahip uçaklar, maliyet kontrolünün kritik olduğu yüksek rekabetli veya düşük talep gören rotalar için daha uygun olduğu tespit edilmiştir (Lee W. , 2013).

Sonuç olarak, koltuk mil maliyeti, uçak satın alırken çok önemli bir faktör olup doğrudan havayolu işletmesinin işletme giderlerini, kârlılığını ve rekabetçi pazarlardaki uzun vadeli başarısını etkilemektedir.

4.2.2. İşletme maliyeti

Uçak seçimi yapılırken değerlendirilen bir diğer önemli metrik işletme maliyetidir. İşletme maliyetlerinin düşük olması, havayolu şirketlerinin kâr marjlarını artırmaktadır. Uçakların yakıt, bakım ve diğer işletme giderlerinin düşük olması, daha rekabetçi fiyatlar sunmalarını sağlamaktadır (Kotze, 2017).

Düşük maliyetler, havayolu şirketlerinin rakiplerine göre daha uygun fiyatlar sunarak pazar paylarını artırmalarına olanak tanımaktadır (Shuk-Ching Poon ve Waring, 2010). Bu, özellikle düşük maliyetli taşıyıcılar için kritik öneme sahiptir.

Uçakların yakıt verimliliği ve bakım maliyetleri, toplam işletme maliyetlerini etkileyen önemli faktörlerdir (Sakthidharan ve Sivaraman, 2018). Doğru uçağın seçilmesi, işletme verimliliğini artırmaktadır.

Doğru bir uçak seçimi, operasyonel verimlilik sağlayarak zamanında kalkış ve varışları desteklemektedir (Caicedo, 2009). Bu durum müşteri memnuniyetini arttırmaktadır (Efthymiou vd., 2018).

Uçakların bakım maliyetleri, operasyonel süreçleri doğrudan etkilemektedir (Gonzales Vega, Pamplona ve Oliveira, 2016). Uçak üreticilerinin kullandığı yeni teknolojiler ve geliştirilen sistemlerle yeni nesil uçaklar daha düşük bakım maliyetlerine sahiptir (http-18; Airbus, 2022). Bu durum havayolu işletmeleri için daha yüksek verimlilik anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, uçak seçiminde işletme maliyeti, havayolu şirketlerinin genel stratejisi, kârlılık hedefleri ve rekabetçi konumları üzerinde doğrudan etkili olan kritik bir faktördür.

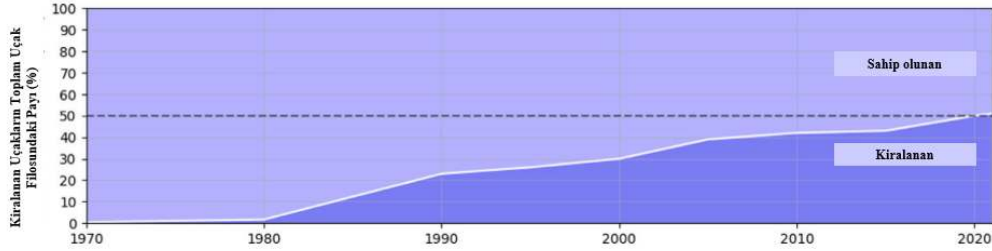
4.2.3. Uçağın maliyeti

Uçaklar, uzun ömürlü varlıklar olmalarının yanı sıra büyük yatırımlar gerektirmekte ve havayolu şirketlerinin iş sürekliliğini etkilemektedir. Uçakların yaklaşık 25-30 yıl süren faydalı ömürleri vardır ve bu yatırımlar oldukça maliyetlidir. Bu nedenle, uçak ediniminin nasıl finanse edileceği kritik bir karardır. Sahip olunan kaynaklardan uçak satın almak, uçakların yüksek maliyeti nedeniyle sermaye yoğun bir işlemdir. Örneğin, Airbus A320'nin fiyatı 101 milyon ABD dolarıdır (Endrizalova vd., 2018).

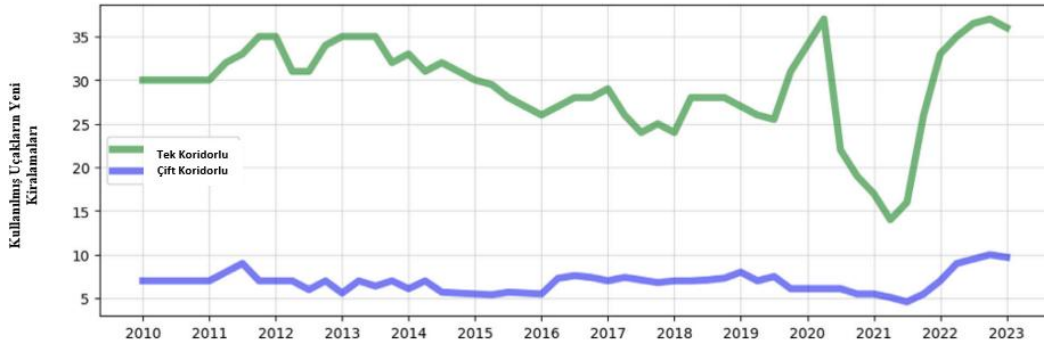
Birçok havayolu için bir diğer seçenek de uçak kiralamaktır. Kiralama kararları, şirketin uçağı bir kiralama planı aracılığıyla mı yoksa borç alarak mı edineceğine odaklanmaktadır. COVID-19'un havacılık sektörü üzerindeki yıkıcı etkisi göz önüne alındığında, 2020/2021 yıllarında kiralamalarda önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Ancak, 2022 yılı boyunca, tek koridorlu ve çift koridorlu uçak kiralamalarının sayısı pandemi öncesi seviyeyi aşmıştır. Kiralamalardaki bu güçlü artış bir çok faktörden etkilenmektedir. Bunlardan biri de, uçak üreticilerinden sipariş vermek yıllarca sürebilen bir bekleme

süresi gerektirirken, kiralamanın kapasite darboğazını çok daha hızlı bir şekilde çözmesidir (Wandelt, Sun ve Zhang, 2023).

Şekil 4.5’ de Kiralanan uçakların paylarını, kesik çizgi, sahip olunan ve kiralanan uçaklar arasındaki dengeyi göstermektedir. Şekil 4.6’ de ise kullanılmış uçaklar için yeni kiralamaların ortalama hacmi verilmiştir.



Şekil 4.5. Kiralanan Uçakların Evrimi (Wandelt, Sun ve Zhang, 2023).



Şekil 4.6. Kullanılmış Uçaklar için Yeni Kiralamaların Ortalama Hacmi (Wandelt, Sun ve Zhang, 2023).

Uçak satın alma maliyetinin yüksek olması özellikle düşük maliyetli taşıyıcılar için uçak kiralamayı daha ekonomik hale getirmektedir. Çünkü satın alma maliyeti, kiralama süresine yayılmakta ve bu da operatörün veya taşıyıcının rekabetçi fiyatlarla uçuşmasını mümkün kılmaktadır. Kiralama opsiyonu, havayollarının bilançosunu zorlamadan kısa vadeli kapasite ihtiyaçlarını karşılamak için etkili bir yöntemdir. Asya'nın en büyük operatörlerinden biri olan ve bir LCC olan Indigo, filosundaki toplam 136 uçağın sadece 18'ine sahiptir (Shah ve Chugan, 2019).

Boeing, 2024 yılında 234 adet 737 MAX model uçak teslim etmiştir. 4793 adet teslim edilmeyen 737 MAX model uçak siparişi bulunmaktadır (http-16). Bunun yanı sıra Federal Havacılık İdaresi (FAA: Federal Aviation Administration), 2024 yılının başlarında Boeing'in aylık 737 MAX teslimatlarını 38 ile sınırlandırmış ve Boeing'in

üretim üzerindeki denetimini iyileştirdiğini kanıtlayana kadar bu sınırlamayı kaldırmayacaklarını bildirmiştir (http-19).

Uçak satın alma veya kiralama, maliyetli ve stratejik bir karar olduğundan, uçak seçimi sürecinde karar vericiler için önemli bir değerlendirme kriteri teşkil etmektedir.

4.2.4. Filo standardizasyonunun maliyet etkisi

Filo standardizasyonu, modern hava taşımacılığında performans ve kalite standartlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Standardizasyon ilkeleri genellikle şirketlerin stratejik durumuna bağlı olarak şekillenmektedir. Filonun benzer bir aileden oluşması veya filo benzerliği sağlanması, doğrudan şirketin benimsemiş olduğu rota yapısı ve iş kültürüyle ilişkili olup, uçulacak rotalara uygun uçaklar seçilmekte ve filo oluşturulmaktadır (Narcizo, V.M. ve Dresner, 2020).

Filo oluşturulmasında hizmet yapısı adı verilen birincil bir faktör bulunmaktadır. Bu yapı, planlanan uçuş mesafesine ve maliyet oluşumuna göre uçak tipi seçimi olarak açıklanmaktadır. Pazar uzun uçuşlar için daha uygun olduğunda, filo tercihleri uzun uçuşlara göre yapılmaktadır. Öte yandan, yurt içi hatlar için filo tercihleri genellikle benzerdir. Eğer firma yapısal olarak FSNC veya LCC trendlerinden birine daha yakınsa, tercih edilen filolar şirketin pazardaki konumunu belirlemektedir. Bu nedenle, filo standardizasyonunda belirli seviyelere ulaşabilmek, modern hava taşımacılığı endüstrisinde bir şirketin pazar konumu için çok önemlidir (Atay, Eroğlu ve Ulusam Seçkiner, 2022).

Uçuş operasyonları ve bakım, genellikle havayollarının işletme giderlerinin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Daha çeşitli bir filonun, pilot eğitimi, planlama, yer hizmetleri, bakım ve operasyonel basitliğin eksikliği ile ilişkili olarak daha yüksek maliyetlere yol açmakta ve standartlaştırılmış bir filo, hem uçuş operasyonları giderlerini hem de bakım maliyetlerini azaltmaktadır (Zou, Yu ve Dresner, 2015).

Filo standardizasyonu, genellikle ortak parçalara sahip standart bir uçak filosu işletmenin ekonomik ve lojistik faydaları olarak tanımlanmaktadır (Merkert, 2023). Filo standardizasyonu için aynı model uçak almak/kiralamak bakım, yedek parça envanteri, ekipmanlar ve alıcı-tedarikçi müzakerelerinde önemli tasarruflara yol açmaktadır (De Borges Pan, Santo Jr ve Respicio, 2004).

Uçak tipi sayısı ne kadar az olursa, ihtiyaç duyulan yedek kokpit ve kabin ekibi sayısı da o kadar düşüktür. Tek bir uçak tipi ile mürettebat değişimlerinde esneklik

sağlayarak ve daha az mürettebat eğitimi gerektirir. Aynı uçak tipinin işletildiği filolarda daha az yedek parça (motorlar, lastik vb.) gerektiğinden, depolama maliyetleri, stokların sermaye yoğunluğu ve eskime maliyetleri düşmektedir. Standartlaştırılmış bakım süreçleri, işçilik maliyetlerini azaltarak; teknisyenlerin daha hızlı çalışabileceği bir ortam sağlamaktadır. Filo standardizasyonu ile yer hizmetleri standartlaştırılmakta ve dolayısıyla daha maliyet etkin hale gelmektedir. Havayolları, standart yer hizmetleri ekipmanlarında ölçek ekonomilerinden ve iş gücünün daha az eğitimi ihtiyacından faydalanmaktadır. Ekipman çeşitliliğinin azalması, sermaye gereksinimlerini de düşürmektedir (Brüggen ve Klose, 2010).

Sonuç olarak, yalnızca tek bir uçak tipi kullanan düşük maliyetli havayolları, maliyetleri yönetmek ve rekabetçi konumlarını geliştirmek için filo standardizasyonu stratejisini uygulamaktadır. Tanımı gereği düşük maliyetli havayolu işletmeleri yüksek bir standardizasyon derecesine sahip olup genellikle sadece A320 veya B737 filosu işletmektedirler (Merkert, 2023).

Bu çalışma kapsamında, uçak seçimi yapılan havayolu işletmesi Boeing 737-800 ve Boeing 737-8 MAX modellerini işlettiği ve bu uçaklar aynı aileye ait, yüksek standardizasyon düzeyine sahip olduğu için filo standardizasyonu ayrı bir değerlendirme kriteri olarak ele alınmamıştır. Ancak, filo çeşitliliğinin daha fazla olduğu durumlarda bu kriterin operasyonel ve finansal etkileri önemli ölçüde değişebileceğinden, ileride yapılacak çalışmalarda değerlendirilmesi açısından bu başlık tez kapsamında tutulmuştur.

4.3. Emniyet Geçmişi

Uçağın emniyet geçmişi, havayolu şirketleri için uçak seçiminde en önemli faktörlerden birini oluşturur. Bu, bir uçağın operasyonel emniyeti ve güvenilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Uçak modellerinin geçmişteki kaza, kırım durumları ve kronik arızaları, hem teknik hem de ticari açıdan karar verme sürecinde belirleyici rol oynamaktadır (Sammani Gunarathna, 2020). Bir uçağın kaza geçmişi, tasarım, üretim, bakım veya operasyonel süreçlerdeki zayıflıkları açığa çıkarırken, kronik arızalar operasyonel verimlilik ve maliyet üzerinde uzun vadeli etkiler yaratabilir.

Havayolu şirketleri, emniyet ve işletme maliyetlerini en aza indirmek amacıyla, geçmişte düşük kaza oranlarına sahip ve güvenilir uçakları tercih etmekte, aynı zamanda kronik arıza sorunları olan modellerden kaçınmaktadır (Wild, 2022). Ayrıca, kaza

geçmişı veya kronik arızaların havayolunun itibarına ve sigorta maliyetlerine olan etkileri de göz önünde bulundurulmaktadır (http-2).

Sonuç olarak, uçak seçim sürecinde bu iki faktör, hem operasyonel emniyeti sağlamak hem de maliyetleri optimize etmek adına kritik bir öneme sahiptir.

4.3.1. Kaza/Kırım durumu

ICAO Annex 13, bir kazayı, bir hava aracı işletimiyle bağlantılı olarak meydana gelen ve bir kişinin ölümcül veya ciddi şekilde yaralanması; hava aracının onarım gerektirecek şekilde hasar görmesi veya yapısal bir arızaya uğraması; ya da ilgili hava aracının kayıp olarak sınıflandırılması durumlardan birini içeren olay olarak tanımlamaktadır (ICAO, 2016).

ICAO Annex 19, bir olay, bir kazadan farklı olarak, bir hava aracının işletimiyle ilişkili ve operasyonun güvenliğini etkileyen veya etkileyebilecek bir durum olarak tanımlanmaktadır (ICAO, 2013).

Kaza ve kırımlar bir uçak modeli seçilirken önemli bir kriterdir. Bir uçak modelinin geçmişte yaşadığı kaza ve kırımlar, tasarım, üretim, bakım veya operasyonel süreçlerdeki potansiyel zayıflıkları ortaya koymaktadır (Bhattacharya ve Nisha, 2020).

Havayolu şirketleri, emniyet, yolcu güvenliği ve operasyonel riskleri minimize etmek amacıyla kaza geçmişı düşük, güvenilirliği yüksek modelleri tercih etmeye özen göstermektedir (Naor vd., 2020).

Kaza ve kırımların sigorta maliyetleri, bakım ihtiyaçları ve itibar üzerindeki etkisi de uçak seçiminde dikkate alınmaktadır (Lampert ve Barlyn, 2019). Bu nedenle, geçmişteki performans ve emniyet kaydı, hem teknik hem de ticari açıdan karar verme sürecinde büyük bir rol oynamaktadır (Handfield ve Winters, 2019).

Özellikle kazaların ardından uçak modeliyle ilgili olumsuz bir algı oluşmaktadır (Meer vd., 2019). Örneğin Boeing 737-8 MAX kazalarından sonra birçok yolcu, uçak yeniden sertifikalandırıldıktan sonra bile 737-8 MAX ile uçuş konusunda tereddüt etmiş veya tamamen reddetmiştir. Bu durum, bu modeli kullanan havayollarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bazı müşteriler farklı hava yollarını tercih etmiş veya rezervasyon yapmadan önce kullanılan uçak modeli hakkında bilgi talep etmiştir (http-20).

Bu nedenle, uçak seçimi sırasında kaza kırım durumlarının dikkate alınması, hem emniyet hem de mali açıdan stratejik bir adımdır.

4.3.2. Kronik arızalar

Kronik arızalar, uçak seçimi sırasında önemli bir faktördür çünkü işletme maliyetleri ve verimlilik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sürekli arızalar yaşayan uçaklar, sıklıkla plansız bakıma ihtiyaç duymaktadır. Bu durum uçağın kullanılabilirliğini azaltarak, uçuş programlarını aksatmakta ve bakım maliyetlerini artırarak havayolunun operasyonel verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Salazar vd., 2014).

Ayrıca, kronik sorunlar müşteri memnuniyetsizliğine yol açmaktadır. Gecikmeler ve güvenilirlik sorunları nedeniyle yolcular, daha güvenilir alternatiflere yönelmektedir. Bu durum, havayolunun itibarını zedeleyerek ve yolcu kaybına neden olabilmektedir (Lee ve Yip, 2017).

Araştırmalar, uçaklar yaşlandıkça bakım maliyetlerinin arttığını göstermektedir (Maksimovic, Vasic ve Dosic, 2015). Özellikle garanti süresi sona erdikten sonra artan maliyetlerin çoğu kronik arızalar ve bunların tamir süreçlerinin maliyetlerini içermektedir (Yonggang ve Honglang, 2011).

Bu nedenle, bir uçak seçerken havayolları, yalnızca başlangıçtaki alım veya kiralama maliyetlerini değil, aynı zamanda bu tür arızalardan kaynaklanabilecek uzun vadeli finansal yükleri de dikkatlice değerlendirmektedir.

4.4. Uçağın Bakım Durumu

Uçağın bakım durumu, uçuşa elverişliliğini sürdürebilmesi ve emniyetli bir şekilde operasyonel kalabilmesi açısından kritik bir faktördür. Bu kapsamda bakım faaliyetleri yalnızca düzenli kontrolleri değil, aynı zamanda uçuşa elverişlilik direktiflerinin takibini (http-21), bakım planlama dokümanlarının uygulanmasını ve ömür sınırı ile hizmet ömrü sınırlı komponentlerin izlenmesini de içermektedir (Takele, 2009). Periyodik bakım ve değişim gereksinimi olan bileşenlerin zamanında ve usulüne uygun şekilde bakımının yapılması (http-22), uçuş emniyetinin sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Uçuşa elverişlilik, hem yasal gerekliliklerin karşılanması hem de operasyonel verimliliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

4.4.1. Uçuşa elverişlilik direktifi durumu (AD)

Uçuşa Elverişlilik Direktifi, İngilizce "Airworthiness Directive" teriminden Türkçeye çevrilmiş olup, AD olarak kısaltılmaktadır. AD'ler, bir hava aracı veya parçasında tespit edilen emniyetsiz durumlar ile bu durumların giderilmesi için gerekli

işlemleri operatörlere bildiren resmi dokümanlardır. Bu direktifler, hava aracının tip sertifikasyonunu onaylayan havacılık otoritesi tarafından yayımlanmakta olup, yasal olarak bağlayıcı niteliğe sahiptir ([http-23](#)).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan uçakların tip sertifikası onaylayıcıları, Avrupa'da EASA ve Amerika'da FAA'dır. FAA, 14 CFR bölüm 39'a göre, AD'leri bir ürünlerdeki emniyetsiz durumu düzeltmek amacıyla çıkarılan yasal olarak bağlayıcı kurallara olarak tanımlamaktadır ([http-24](#)). Bu tanımda bahsedilen ürün ise 14 CFR bölüm 39'da uçak, uçak motoru, pervane veya cihaz olarak belirtilmektedir ([http-25](#)). 14 CFR bölüm 39'da "hiçbir kişi, bir uçuşa elverişlilik direktifinin efektif olduğu bir ürünü, o uçuşa elverişlilik direktifinin gerekliliklerine uymadan işletemez" şeklinde belirtilmiştir (Wilson, 1984).

EASA, AD'yi, bir uçağın emniyet seviyesinin tehlikeye girebileceğine dair kanıtlar bulunduğunda, kabul edilebilir bir emniyet seviyesini yeniden sağlamak amacıyla gerçekleştirilmesi gereken işlemleri içeren zorunlu bir belge olarak tanımlamaktadır ([http-26](#)).

Ülkemizde sivil havacılığı düzenleyen ve denetleyen kurum olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan Sürekli Uçuşa Elverişlilik Yönetim Talimatı (SHT-CAM), M.A.303 Uçuşa Elverişlilik Direktifleri bölümünde, "Genel Müdürlük tarafından aksi belirtilmediği sürece, hava aracı veya komponenti için tasarım kuruluşunun bağlı bulunduğu ülke otoritesi tarafından yayımlanan her bir uçuşa elverişlilik direktifi, ilgili direktifin gerekliliklerine göre uygulanır" ifadesini içermektedir. Bu talimat, ülkemizin sivil hava aracı siciline kayıtlı veya kayıt edilecek hava araçlarını ve bunların sürekli uçuşa elverişliliğini sağlamak için yürütülecek faaliyetlerden sorumlu olanları kapsamaktadır (SHGM, 2022). Bu çerçevede, hava aracının sürekli uçuşa elverişliliğini sağlamak için hava aracı işleticilerinin, efektif AD'leri belirtilen süre içinde uygulaması gerekmektedir. AD'lerin uygulanmadığı durumlar emniyetsiz olaylara sebebiyet verebileceği gibi, otoriteler tarafından para cezası da bulunmaktadır. 2010 yılında American Airlines, bir AD'yi ihlal ettiği gerekçesiyle, FAA tarafından 24.2 milyon ABD doları cezalandırılmış ve bu, FAA tarafından sektörde uygulanan en yüksek ceza olarak tarihe geçmiştir (Olaganathan, Miller ve Mrusek, 2020).

AD'ler genellikle üreticinin hatalarının bir sonucu olmasına rağmen, uygulama maliyetlerin büyük çoğunluğu operatörler tarafından karşılanmaktadır (Wilson, 1984).

Uçak seçimi sırasında, uçağa ait henüz uygulanmamış AD'ler, yapılması gereken işlemlerin kapsamı ve maliyeti açısından karar vericiler için önemli bir ölçüt oluşturur.

4.4.2. Bakım planlama dokümanı durumu (MPD)

Bakım Planlama Dokümanı üretici tarafından her sertifikalı uçak modeli için oluşturulan ve operatörlerin kendi bakım programlarını geliştirmeleri için gerekli bakım planlama bilgilerini sağlayan bir dokümandır (Omer, 2019). Bu doküman, her uçak konfigürasyonu için yapılması gereken tüm planlı bakım işlemlerini içermektedir (De Jonge ve Scarf, 2020).

Operatörler, MPD'yi kendi filolarına uygun hale getirerek Hava Aracı Bakım Programı (AMP: Aircraft Maintenance Program) oluşturur. AMP, operatörün bağlı olduğu sivil havacılık otoritesi tarafından onaylanan resmi ve bağlayıcı bir dokümandır. Bu nedenle, ilgili uçuşa elverişlilik otoritesinin izni olmadan üzerinde değişiklik yapılamaz (Ackert, Shannon, 2010) (SHGM, 2012).

MPD, uçakların operasyonel ömrü boyunca uçuşa elverişli kalmasını sağlamak için kritik bileşenlerin düzenli olarak kontrol edilmesini ve bakımını içerir. Bu doküman, felaket niteliğindeki arızaların önlenmesine yardımcı olacak önleyici bakım işlemlerini, zorunlu parça değiştirme sürelerini, yapısal emniyet kontrollerini ve belirli sistemlerin bakım aralıklarını da kapsamaktadır (Boeing, 2011).

Satın alınması planlanan bir uçakta henüz uygulanmamış veya tekrarlı uygulanma süresine yaklaşmış açık bakım kartlarının bulunması, uçağın kullanıma hazır olmasını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bu bakım kartlarının incelenmesi, uçağın sefere verilebilmesi için gereken zaman ve maliyetlerin belirlenmesi açısından karar vericiler için kritik bir değerlendirme kriteridir (Inalhan, Humaria ve Saltoğlu, 2016). Ayrıca, bakım kartları genellikle kaynak ve finansman gerektirdiğinden, kapsamlarının analiz edilmesi, potansiyel operatörlerin gelecekteki bakım maliyetlerini tahmin etmelerine ve buna göre bütçeleme yapmalarına olanak tanımaktadır (Van Kessel, Freeman ve Santos, 2023).

Örneğin, Boeing 737-800 uçaklarında ön ve arka kargo bölmesinde bulunan taban panellerinin kaldırılarak alt bölgenin yapısal olarak kontrol edilmesi beklenen bakım kartları arasında yer almaktadır. Bu bakım kartlarının bakım eşiği 8 yıl veya 24.000 uçuş çevrimi (FC: Flight Cycle), tekrarlı bakım aralığı ise 6 yıl veya 18.000 FC olarak belirlenmiştir. Bakım eşiği veya tekrarlı bakım aralığı kriterlerinden hangisi önce

gerçekleşirse, ilgili kontrollerin bakım talimatları doğrultusunda uygulanması gerekmektedir.

Bu bakım kartları uygulanırken, özellikle yükleme ve boşaltma sırasında dökülen sıvılar (yağ, su, temizlik kimyasalları) veya nem birikmesi nedeniyle uçağın gövdesini destekleyen boyuna kiriş (stringer), uçak kabininde veya kargo bölmesinde zemini destekleyen enine kiriş (floor beam) bağlantı noktalarında korozyon oluşumu gözlemlenebilir. Korozyon seviyesinin bakım dokümanlarında belirtilen tolerans değerlerini aşması durumunda, onarım veya parça değişimi gerekliliği doğmaktadır. Ayrıca, kargo bölmesi zemin yapısı sürekli titreşim ve yük değişimlerine maruz kaldığından, zamanla bağlantı elemanlarında gevşeme veya kırılmalar meydana gelebilir. Aynı zamanda, titreşim kaynaklı çatlaklar da oluşabilmektedir.

2021 yılında yapılan bir çalışmada, planlanmamış bakım yüklerini (non-routine maintenance loads) en çok etkileyen rutin bakım görevleri, sıklık ve iş gücü gereksinimleri açısından belirlenmiştir. Bu kapsamda, 2019 yılında bir MRO’da toplam 57 adet B737-800 uçağına C-Check bakımı uygulandığı ve bu işlemlerin tüm bakım faaliyetlerinin %42’sini oluşturduğu tespit edilmiştir. ATA Chapter bazında yapılan Pareto Analizi, ATA 53 Gövde Yapısı (Fuselage Structure) bölümünün, planlanmamış bakım yüklerinin %35’ini oluşturan en önemli alan olduğunu göstermiştir. MPD numarası bazında yapılan analiz ise, MPD 53-140-00 numaralı bakım işleminin, yani ön ve arka kargo bölmesi zemin yapısının genel görsel kontrolünün, planlanmamış bakım yüklerinin ana kaynaklarından biri olduğunu ortaya koymuştur (Graciova ve Suwondo, 2021).

Bu nedenle, söz konusu bakım kartlarının henüz uygulanmamış olması, operatörler açısından filo yönetimi ve operasyonel verimlilik kapsamında dikkatle değerlendirilmesi gereken bir faktördür. Satın alma süreçlerinde ise bakım gereksinimleri, maliyetler ve operasyonel riskler göz önünde bulundurularak pazarlık avantajı olarak kullanılabilir.

4.4.3. Ömür sınırı ve hizmet ömrü sınırlı komponent durumu (LLP, HT)

Havacılıkta "komponent" terimini, uçak, motor, pervane veya diğer uçak bileşenlerinin her türlü parçası olarak tanımlar (EASA, 2020).

Planlı bakımdan etkilenen komponentler sertifikalı bir ömür sınırına ve hizmet ömrü sınırına tabi olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir (Commission Regulation,

2016). Emniyet açısından kritik oldukları için ömür sınırlarına ulaştıklarında veya öncesinde değiştirilmektedir. Sertifikalı ömür sınırına sahip komponentler, işletim sınırına geldiğinde veya aşılmadan önce kalıcı olarak uçaktan sökülür ve tekrar kullanılmayan komponentlerdir. Ömür sınırı, uçak seviyesinde değil komponent seviyesinde kontrol edilmektedir (Commission Regulation, 2016).

Ömür sınırlı parça, tip tasarımında, Sürekli Uçuşa Elverişlilik Talimatları'nda veya bakım el kitabında zorunlu bir değiştirme sınırının belirtildiği herhangi bir parçayı ifade eder (FAA, 2024).

Hizmet ömrüne tabi komponentlerden, zaman kontrollü komponentler arızası olmaksızın bakım programında belirtilen zaman içerisinde sökülerek, bakım programında tanımlanan işlemin kapsamı doğrultusunda onaylı bakım kuruluşuna gönderilen komponentlerdir (IATA Aircraft Leasing Technical Group, 2020). AMP'de tanımlı bazı işlemler komponent uçak üzerindeyken de yapılabilmektedir. Bu komponentler öngörülebilir olduğu varsayılan bir bozulma ile ilgili periyodik bakıma tabidir. Komponentte arıza oluşmadan öngörülen işlem yapılarak operasyon sırasında arızalanması önlenmektedir (Commission Regulation, 2016). Ticari hava taşımacılığı yapan dar gövdeli Airbus ve Boeing model uçaklarda LLP komponentler yoğun olarak yedek güç ünitesi (APU: Auxiliary Power Unit), motorlarda ve iniş takımlarında bulunmaktadır. İniş takımlarının ayrıca revizyon gerekliliği de bulunmaktadır.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Sürekli Uçuşa Elverişlilik Yönetim Talimatı (SHT-CAM) M.A.305'e göre bir hava aracına takılan ömürlü komponentlerin uygun şekilde tanımlanmış, kayıt altına alınmış ve beyan edilen, onaylı servis ömrü sınırlarını aşmamış olması gerekmektedir (SHGM, 2022). SHGM tarafından yayımlanan Sürekli Uçuşa Elverişlilik Bakım Sorumluluğu Talimatı (SHT-M) kapsamında bir hava aracı sahibi ve işleticisinin ömür sınırlı ve zaman kontrollü parçaları kayıt altına alınması ve bu kayıtları belirtilen süre boyunca saklanmasını sağlayacak bir sistemi olmasını zorunlu hale getirmiştir (SHGM, 2012).

İniş takımları, hard-time komponent olarak takip edilmekte olup, revizyon aralıkları genellikle takvim süresi ve uçuş çevrimi ile sınırlandırılmaktadır. Boeing 737-800 uçağının bakım planlama dokümanına göre, burun iniş takımının (NLG: Nose Landing Gear) maksimum kullanım ömrü 18.000 FC veya 10 yıl, ana iniş takımının (MLG: Main Landing Gear) ise 21.000 FC veya 10 yıl olarak belirlenmiştir. Bu sınırların hangisi önce

dolarsa, bakım planı buna uygun şekilde düzenlenerek iniş takımları revizyona alınmalıdır (Bugaj vd., 2019).

Örneğin, 21.000 FC veya 10 yıl revizyon aralığına sahip ve yılda 2.300 FC gerçekleştiren bir MLG, dokuzuncu yılda revizyon için sökülme zorunda kalacaktır. Buna karşılık, yılda 2.000 FC gerçekleştiren bir MLG ise uçuş çevrimi sınırına ulaşmadan, takvim süresi nedeniyle 10 yıl da revizyon yapılması için sökülecektir (Wibowo, 2015). Bunun yanı sıra, iniş takımları üzerinde bulunan birçok komponent belirli bir sertifika ömrü ile sınırlandırılmıştır. Örneğin, Boeing 737-800 MLG üzerindeki bazı komponentlerin sertifika ömrü 75.000 FC olup, bu sınıra ulaşıldığında ilgili komponentlerin değiştirilmesi gerekmektedir (Nutti, vd., 2018; Astakhov, 2022).

İniş takımı revizyon süreleri, uçak tipine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dar gövdeli uçaklarda (örneğin, Boeing 737 ve Airbus A320), bir burun ve iki ana iniş takımının revizyon süresi ortalama 30-40 gün arasında değişmektedir. Operatörler, iniş takımlarının kalan hizmet ömrü, uçak operasyonel gereksinimleri ve LLP değerlendirmelerini dikkate alarak, iniş takımı değişimini bireysel veya tam takım (set) halinde gerçekleştirebilmektedir. Revizyona gönderilmesi gereken iniş takımının set halinde (MLG + NLG) uçaktan sökülmesi ve yerine yedek/kiralık iniş takımının takılması işlemi, ortalama dört gün sürmektedir (Wibowo, 2015).

Bununla birlikte, Airbus A320 model bir uçağın iniş takımlarının revizyon edilme maliyeti ortalama 420.000 ABD dolarıdır (Ackert, 2012). Bu tutara iniş takımları üzerinde bulunan LLP bileşenlerinin değişimi de eklendiğinde, toplam maliyet daha da artmaktadır. Dolayısıyla, operatörler açısından uçak alım süreçlerinde hard-time komponentlerin ve LLP parçalarının hizmet ömrü durumunun titizlikle değerlendirilmesi, işletme maliyetleri ve operasyonel süreklilik açısından kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

4.5. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti Tablo 4.4 ve 4.5’de sunulmuştur. Bu veriler, araştırmanın temelini oluşturarak analiz sürecinde değerlendirilen ana unsurları kapsamaktadır.

İkinci el uçak alımlarında, uçağın yaşı karar sürecinde belirleyici bir faktör olabilir. Bu doğrultuda, ilgili satın alma işlemleri gerçekleştirilmeden önce, bağlı bulunulan sivil

havacılık otoritesinin uçak yaşıyla ilgili düzenlemeleri ve olası kısıtlamaları ayrıntılı biçimde incelenmelidir.



Tablo 4.4 *Tasarım özellikleri, maliyet ve emniyet geçmişi ana kriterleri veri seti*

Kriterler	#	A_1	A_2	A_3
	Model	737-8 (MAX)	737-800	737-800
Tasarım Özellikleri	Maksimum Uçuş Mesafesi (km)	6480	5436	5770
	Yakıt Verimliliği (toplam) (km/L)	0,251	0,209	0,2133
	Maksimum Kargo Kapasitesi (m ³)	43.6	44.1	44.1
	Maksimum Yakıt Kapasitesi (L)	25816	26024	26024
	Kanat Ucu Komponentleri Winglet	Advanced Technology Winglet	Blended Winglet	Split Scimitar Winglet
Maliyet	Koltuk Mil Maliyeti	0,0300	0,0350	0,0345
	İşletme Maliyeti (USD/Saat)	3300	4800	4500
	Uçağın Maliyeti (ABD Doları)	55 milyon	5 ile 6 milyon	28 milyon
Emniyet Geçmişi	Kaza/Kırım Durumu	Uçak özelinde bir kaza/kırım bulunmamaktadır.	Uçak özelinde bir kaza/kırım bulunmamaktadır.	Uçak özelinde bir kaza/kırım bulunmamaktadır.
	Kronik Arızalar	Uçak özelinde kronik arıza bulunmamaktadır. Bu uçak yaklaşık 3 yaşındadır.	Uçak özelinde kronik arıza bulunmamaktadır. Bu uçak yaklaşık 27 yaşındadır.	Uçak özelinde kronik arıza bulunmamaktadır. Bu uçak yaklaşık 10 yaşındadır.

Tablo 4.5 Uçağın bakım durumu ana kriteri veri seti

Kriterler	Alt Kriterler	A ₁	A ₂	A ₃
	Model	737-8 (MAX)	737-800	737-800
Uçağın Bakım Durumu	AD Durumu	Önemli (major) bir uçuşa elverişlilik direktifi şu anda açık durumda değildir.	AD 2020-18-13 uygulanmamış ve modifikasyonun maliyeti 302000 \$'dır. AD 2021-09-06 kapsamında ilk Pickle Fork kontrolü Kasım 2024'te gerçekleştirilmiş Bir sonraki kontrol Kasım 2025'te yapılacaktır.	Açık olan AD 2021-09-06 kapsamında, ilk Pickle Fork kontrolü Şubat 2030'da gerçekleştirilecektir.
	MPD Durumu	En yakın ağır bakım Aralık 2027'de planlanmaktadır. Bu bakım kapsamında 3 yıllık MPD kartları da yer almaktadır.	En yakın ağır bakım Şubat 2026'da planlanmaktadır. Bu bakım kapsamında 8 yıllık MPD kartları ile 6 yıllık MPD kartları yer almaktadır.	En yakın ağır bakım Eylül 2027'de planlanmaktadır. Bu bakım kapsamında 12, 8, 6 yıllık MPD kartları ile 24.000 FC MPD kartları bulunmaktadır.
	HT Komponent Durumu	Bir sonraki NLG ve MLG revizyon tarihi Ocak 2032'dir.	Bir sonraki NLG ve MLG revizyon tarihi Kasım 2027'dir.	Bir sonraki NLG revizyon tarihi Kasım 2034, MLG revizyon tarihi Ocak 2035'dir.
	LLP Komponent Durumu	#1 ve #2 motorların çekirdek (core) LLP süresi Ağustos 2029'da dolacaktır.	#1 Motor da Alçak Basınç Türbini LLP, Ağustos 2029 ve Fan Disk LLP süresi Temmuz 2030'da dolacaktır. #2 Motor da Core LLP Mayıs 2029 ve Fan Disk LLP Eylül 2029 süresi dolacaktır.	#1 ve #2 motorların core LLP süresi Eylül 2028'de dolacaktır.

5. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI

Düşük maliyetli havayolu işletmeleri, rekabetçi piyasada sürdürülebilirliklerini koruyabilmek için uçak seçiminde hem operasyonel hem de finansal açıdan dikkatli kararlar almak zorundadır. Bu bağlamda, ikinci el uçaklar daha düşük satın alma maliyeti ve kısa teslim süreleri gibi avantajlar sunarak önemli bir alternatif hâline gelmektedir. Ancak, bu tür uçakların seçimi; teknik uygunluk, işletme maliyetleri, emniyet geçmişi ve bakım durumu gibi çok sayıda kriterin bir arada değerlendirilmesini gerektirir. Bu tür çok boyutlu karar süreçlerinde, sistematik ve analitik bir yaklaşım sunan AHP yöntemi karar vericilere önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006).

Literatürde, özellikle havacılık sektöründe karşılaşılan çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında TOPSIS, ELECTRE, VIKOR, SAW, ANP, MOORA, COPRAS, Choquet integrali, bulanık mantık temelli yaklaşımlar (FAHP, IT2FAHP) ve hibrit modeller öne çıkmaktadır. Bu teknikler, hem nicel hem de nitel kriterlerin analizinde etkin araçlar sunmakta; özellikle belirsizlik içeren durumlarda karar vericilere esneklik sağlamaktadır.

AHP yöntemi ise, karar vericilerin öznel yargılarını ikili karşılaştırmalar yoluyla sistematik ve tutarlı biçimde sayısal değerlere dönüştürebilmesiyle öne çıkmaktadır. Kriterlerin ve alt kriterlerin hiyerarşik yapı içinde modellenmesine olanak tanınması, karar sürecinin şeffaf ve anlaşılır şekilde yürütülmesini sağlar. Ayrıca, kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde tutarlılık oranının hesaplanması, karar vericilerin değerlendirmelerindeki tutarlılığı test etmeye imkân vererek yöntemin analitik güvenilirliğini artırmaktadır. Uçak seçimi sürecinde teknik, ekonomik, çevresel ve operasyonel faktörlerin çokluğu göz önüne alındığında, AHP bu karmaşık bilgileri sadeleştirerek analiz edilebilir bir yapıya dönüştürme avantajı sunmakta ve bu yönüyle çalışmada tercih edilmiştir (Dozic ve Kalic, 2014; Kiracı ve Bakır, 2018).

Literatürde, AHP'nin tek başına veya bulanık mantık, TOPSIS ya da DEMATEL gibi yöntemlerle hibrit biçimde kullanıldığı uygulamalar, yöntemin esnekliğini ve farklı bağlamlara uyarlanabilirliğini göstermektedir (Bruno, Esposito ve Genovese, 2015; Güneş, 2022; Koçakaya vd., 2021). Özellikle alternatiflerin doğrudan sıralanamadığı, yalnızca ikili karşılaştırmalarla değerlendirilebildiği durumlarda AHP, uygun ve etkili bir çözüm sunmaktadır (Dozic ve Kalic, 2015b). Bu nedenlerle, çok sayıda kriter ve alternatifin bulunduğu uçak seçimi süreçlerinde AHP, sistematik, tutarlı ve güvenilir

sonuçlar üreten bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu alışmada, AHP yöntemi kullanılarak, düşük maliyetli bir havayolu işletmesinin filosuna katmayı planladığı  ikinci el uçak arasında çok kriterli bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. AHP yönteminin tercih edilme nedeni, nitel ve nicel kriterlerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanıyan güçlü yapısıdır (Rezaei, Fahim ve Tavasszy, 2014). Değerlendirme sürecinde dört ana kriter belirlenmiştir: Tasarım zellikleri, Maliyet, Emniyet Geçmişi ve Bakım Durumu.

Tasarım zellikleri kriteri altında maksimum uçuş menzili, yakıt verimliliği, maksimum kargo kapasitesi, yakıt kapasitesi ve winglet kanat ucu bileşenlerinin varlığı gibi alt kriterler yer almaktadır. Maliyet kriteri; koltuk mil maliyeti, işletme maliyeti ve satın alma maliyeti alt kriterlerini içermektedir. Emniyet geçmişi; uçakların kaza/kırım durumu ve kronik arıza geçmişi üzerinden değerlendirilirken, bakım durumu ise AD durumu, MPD kart durumu, HT ve LLP komponent durumu gibi teknik bakım parametrelerini kapsamaktadır. Bu yapı sayesinde, alternatif uçaklar belirlenen tüm kriterler çerçevesinde karşılaştırmalı olarak analiz edilmekte ve en uygun seçeneğin sistematik biçimde belirlenmesi hedeflenmektedir.

5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

AHP, bireyleri belirli bir karar verme yöntemine zorlamak yerine, sistematik bir yapı sunarak daha sağlıklı ve tutarlı kararlar almalarına yardımcı olan bir metodolojidir. Thomas L. Saaty tarafından 1970’lerde geliştirilen bu metodoloji, çok kriterli ve karmaşık karar problemlerinin yapılandırılması ve çözümünde etkili bir araç olarak kullanılmaktadır (Nazri, Balhuwaisl ve Kasim, 2016). Özellikle çok sayıda alternatifin bulunduğu durumlarda, en doğru seçimi yapabilmek için sıklıkla tercih edilmektedir (Rezaei, Fahim ve Tavasszy, 2014).

AHP, insanların karmaşık bilgileri zihinsel olarak grplama eğiliminden hareketle geliştirilmiştir. Bu yöntemde, karar verme problemi önce ayrıntılı biçimde tanımlanır, ardından hiyerarşik bir yapıya dönüştürülür. Alt seviyelerde yer alan öğelerin en üstteki hedef üzerindeki etkileri ikili karşılaştırmalar yoluyla analiz edilir ve bu karşılaştırmalardan görelili ağırlıklar hesaplanır. Böylece karar vericinin değerlendirmeleri sayısal verilere dönüştürülürken tutarlılığı kontrol edilebilir hale getirilir (nt, 2006).

Genel olarak AHP, büyük ve karmaşık sistemleri daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayırarak karar sürecini daha sistematik ve anlaşılır bir yapıya kavuşturur (Santos,

Araujo Costa ve Simoes Gomes, 2021). Bu çok katmanlı yapıya “hiyerarşi” adı verilir. Yöntemin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken temel noktalardan biri ise, aynı hiyerarşi düzeyindeki öğelerin birbirleriyle karşılaştırılabilir özellikte olmasıdır. AHP’nin üç temel ilkesi şunlardır (Güneş, 2022):

1. Ayırıştırma: Karmaşık bir problem, daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayrılarak hiyerarşik bir yapıya dönüştürülmektedir.
2. Karşılaştırmalı Yargılar: Aynı seviyedeki öğeler, üst seviyedeki hedefe göre ikili karşılaştırmalarla değerlendirilmekte ve görelî öncelikleri hesaplanmaktadır.
3. Hiyerarşik Bileşim: Yerel öncelikler, üst düzeydeki öğelerin öncelikleriyle çarpılarak küresel öncelikler elde edilmektedir.

AHP’nin bu üç ilkesine ek olarak, aşağıdaki aksiyomlar yöntemin temelini oluşturmaktadır (Forman ve Gass, 2001):

1. Karşılıklılık Aksiyomu: A, B’ye göre 5 kat önemliyse, B de A’ya göre 1/5 oranında önemlidir.
2. Homojenlik Aksiyomu: Karşılaştırılan öğeler arasında aşırı farklar olmamalıdır; aksi takdirde yargılar tutarsız olabilir.
3. Sentez Aksiyomu: Alt seviyedeki öğeler, üst seviyedeki yargıları etkilememelidir. Ancak uygulamada bu aksiyom bazı durumlarda ihlal edilebilir.
4. Beklenti Aksiyomu: Karar vericilerin inanç ve beklentileri süreçte yeterince temsil edilmelidir. Bu, yöntemin doğru ve bağlama uygun şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

Analitik Hiyerarşi Süreci, karar verme sürecinde hem nicel hem de nitel verilerin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyan, ikili karşılaştırmalara dayalı özdeğer (eigenvalue) temelli bir yaklaşımdır. Bu yöntem, karar vericilere tercihlerini 1 ile 9 arasında derecelendirilebilen karşılaştırmalı bir ölçek üzerinden ifade etme imkânı sunar. Bu ölçek, 1/9 (karşılaştırılan unsurun diğerine kıyasla son derece önemsiz olduğu durum) ile 9 (bir unsurun diğerine göre mutlak üstünlüğü) arasında değişen değerlerden oluşur. Böylece, kriterler ve alternatifler arasındaki görelî önem düzeyleri sistematik ve tutarlı bir biçimde belirlenebilir.

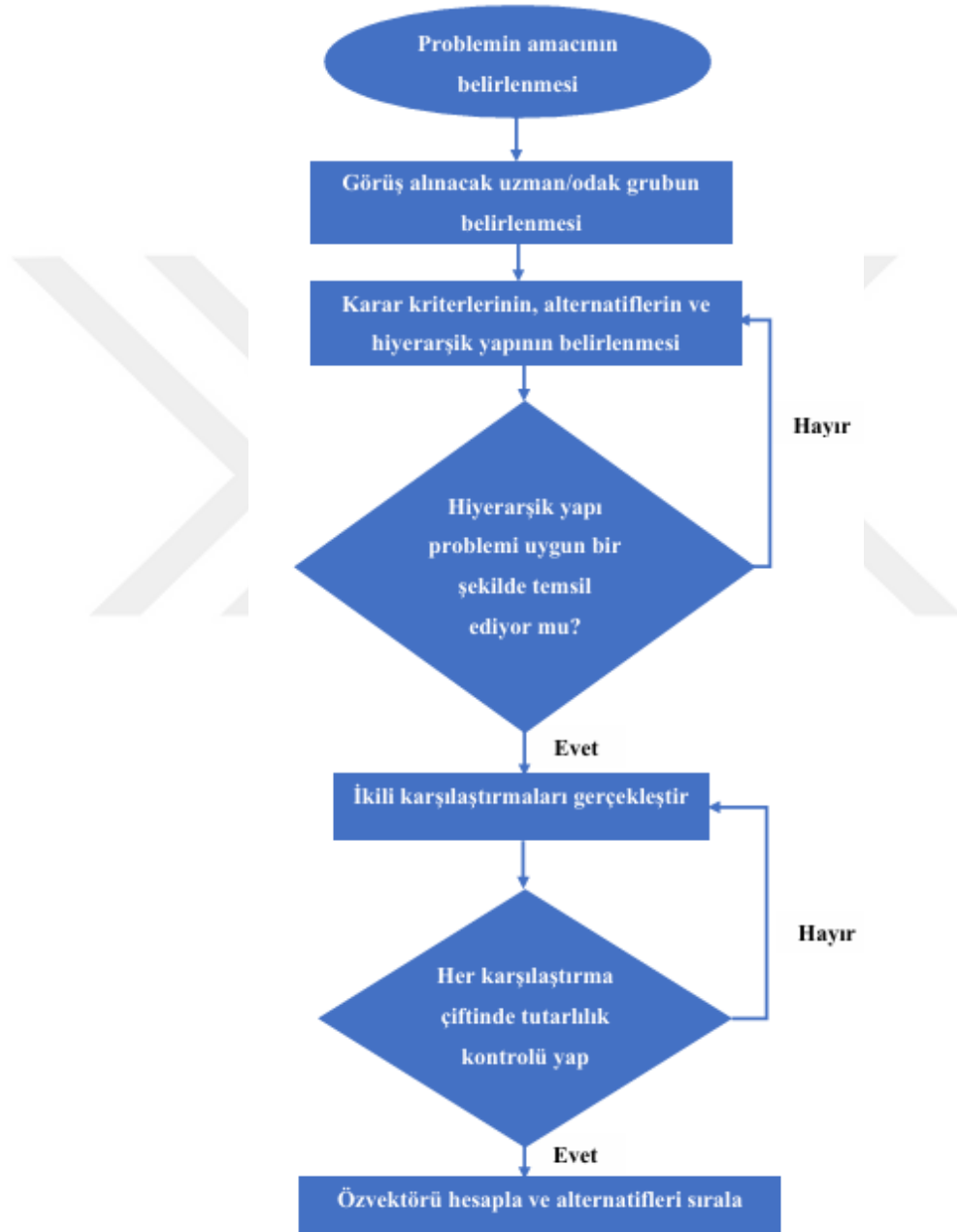
AHP yöntemi üç temel aşamadan oluşmaktadır (Dozic ve Kalic, 2014; Dozic ve Kalic, 2015b; Kiracı ve Bakır, 2018; Semercioğlu ve Özkoç, 2019; Kocakaya vd., 2021; Güneş, 2022).

Problemin tanımlanması aşamasında, ulaşılmak istenen genel bir hedefi, bu hedefe ulaşmayı etkileyen kriterleri ve bu kriterler doğrultusunda değerlendirilecek alternatif çözüm yollarını içermektedir. AHP yönteminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için, problemin amacı, kriterleri (ve alt kriterleri) ile alternatiflerin açık ve net biçimde tanımlanması gerekmektedir. Aynı kriter altında yer alan alt kriterlerin, karar verici tarafından karşılaştırılabilmesi için benzer özellikler taşıması önemlidir. Problemin tanım aşamasında dikkate alınması gereken temel unsurlardan biri, problemin ne kadar ayrıntılı bir şekilde tanımlanacağıdır. Karar verme süreci, bireysel, grup temelli ya da kurumsal bir yapıda olabilir. Problem benzer bir bağlamda ortaya çıksa bile, sürece katılan paydaşların beklentileri ve öncelikleri farklılık gösterebilir. Problemin doğru şekilde ifade edilebilmesi için yeterli ayrıntının sunulması gerektiğini vurgularken, aynı zamanda problemin ortaya çıktığı bağlamın da dikkate alınmasının önemine değinmektedir (Saaty, 1990).

Hiyerarşik yapının oluşturulması aşamasında karar problemlerinin doğasında bulunan karmaşıklık, problemin daha küçük ve yönetilebilir parçalara ayrılması yoluyla, yani hiyerarşik bir yapı oluşturarak ele alınmaktadır. Bu ayrıştırma süreci, hiyerarşinin en üst seviyesinde genel ve soyut unsurların, alt seviyelere doğru ise giderek daha somut ve ölçülebilir unsurların yer alacağı şekilde kurgulanmaktadır (Saaty, 1995). Böyle bir yapı, karar vericiye problem bileşenleri arasındaki ilişkileri daha net bir şekilde görme imkânı sunmakta ve her hiyerarşi düzeyindeki unsurların kendi aralarında karşılaştırılabilirliğini değerlendirme olanağı sağlamaktadır (Saaty T. L., 1990). Hiyerarşik yapının en üst seviyesinde kararın nihai amacı yer alırken, onu takip eden katmanlarda sırasıyla kriterler, alt kriterler ve alternatifler bulunmaktadır (Canco, Kruja ve Iancu, 2021).

Son aşama olan ikili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi ayrıştırma süreci tamamlandıktan ve karar problemine ait öğeler ortak özelliklerine göre kümeler hâlinde gruplandıktan sonra, İkili Karşılaştırma Matrislerinin (Pairwise Comparison Matrix, PCM) oluşturulmasıyla başlamaktadır. İkili karşılaştırmalar, öğelerin ortak bir kritere göre görece önem derecelerini belirlemeye yardımcı olur. Kriterler, alt kriterler veya alternatifler karşılaştırılırken, karar vericiden, hiyerarşide bir üst düzeyde yer alan öğeye göre, bir çift içerisindeki öğelerden hangisinin ne ölçüde daha önemli olduğunu değerlendirmesi istenir. Bu öğelerin ölçülmesi bir ölçek kullanımını gerektirir. Saaty (1990), AHP yöntemi ile birlikte kullanılmak üzere Tablo 5.1’de yer alan temel ölçeği geliştirmiştir. Karşılaştırma yapılırken, karar vericinin yargısına dayanarak öğeye 1 ile 9

arasında bir değer atanır. Bu ölçek, sözel tanımlar ve bu tanımlara karşılık gelen sayısal değerleri içerir. Tercihen, sayısal değer atanacak öğeye ilişkin sözel ifade, doğrudan karar verici tarafından dile getirilmelidir. Karar vericiler, karşılaştırılan çiftler arasındaki göreceli öneme ilişkin görüşlerini gerekçelendirmeden doğrudan sayısal değerler atamaktan kaçınmalıdır. Şekil 5.1’de AHP Akış Şeması verilmiştir.



Şekil 5.1. AHP Akış Şeması (Thakkar, 2021)

Tablo 5.1. AHP karar ölçeği açıklamaları (Saaty, 1990)

Önem Derecesi	Tanım	Sözel Değerlendirme
1	Eşit derecede önem (equal value)	İki ölçüt de amaca eşit derecede katkı sağlar.
3	Orta derecede önem (slightly more value)	Bir ölçüt diğerine karşı hafifçe daha önemlidir.
5	Güçlü derecede önemli (essential or strong value)	Bir ölçüt belirgin derecede diğerine göre üstündür.
7	Çok güçlü derecede önem (very strong value)	Bir ölçüt güçlü şekilde diğerine göre üstündür.
9	Mutlak güçlü derecede önem (extreme value)	Bir ölçüt diğerine göre mutlak derecede önemlidir.
2, 4, 6, 8	İki bitişik yargı arasındaki ara değerler.	Uzlaşma gerektiğinde kullanılır.

Hiyerarşide ikili olarak karşılaştırılacak öğeler, İkili Karşılaştırma Matrislerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu öğeler için $(n \times n)$ kare bir matris oluşturulmaktadır. Bu durum Denklem (5.1)'de gösterilmiştir. Matrisin a_{ij} ögesi, hiyerarşide bir üst düzeydeki öğeye göre, i ögesinin j ögesine kıyasla göreceli önemini temsil etmektedir. Bu nedenle, a_{ji} ögesi, a_{ij} ögesine atanan değer tersini alır; bu durum Denklem (5.2)'de de gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

$$a_{ii} = 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.3)$$

Karşılaştırılacak n öğeden oluşan bir PCM, karar vericinin yalnızca $n(n - 1) / 2$ adet değerlendirme yapmasını gerektirir. Bunun nedeni, matrisin alt üçgeninin ikili karşılaştırmaların ters değerlerinden oluşması ve köşegen elemanların 1'e eşit olmasıdır. Bu durum Denklem (5.3)'te gösterilmiştir. A matrisinin normalize edilmesi için denklem (5.4) kullanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (5.4)$$

Ana kriterlerin ağırlıklarını ve alt kriterlerin yerel ağırlıklarını elde etmek için PCM'ler kullanılmaktadır. Kriterlerin ağırlık vektörünü elde etmek amacıyla Saaty tarafından önerilen yöntemlerden biri özvektör (eigenvector) yöntemidir. Bu yöntemde, Denklem (5.5)'te gösterilen eşitlik çözülmelidir. Burada A , İkili Karşılaştırma Matrisini; w , A matrisinin özvektörünü; λ_{max} ise A matrisinin en büyük özdeğerini (eigenvalue) temsil etmektedir.

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w \quad (5.5)$$

Öncelikler vektörü olan A matrisinin özvektörünün tam değeri, belirli matris hesaplamalarıyla elde edilmektedir. Ancak hesaplama karmaşıklığını önlemek amacıyla, bu çalışmada (Saaty, Vargas ve Dellmann, 2012) tarafından önerilen yaklaşık bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda, ilk önce A matrisinin her sütun elemanının normalize edilmesi ve ardından normalize edilmiş PCM'in her satırının ortalamasının alınmasını içermektedir. Elde edilen vektör, Denklem (5.6)'te gösterilen ağırlık vektörü (w) olarak kabul edilir. Aynı zamanda, bir kriter grubuna ait tüm ağırlıkların toplamı 1'e eşittir; bu durum Denklem (5.7)'de gösterilmiştir.

$$w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (5.6)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.7)$$

Kriterlerin ikili karşılaştırmalarında tutarsızlıklar ortaya çıkabilir. Kararların tutarlılık düzeyini belirlemek için, AHP yöntemi Denklem (5.8)'de verilen tutarlılık indeksi (CI) kavramını kullanır; burada λ_{max} maksimum özdeğeri, n ise PCM'in boyutunu ifade eder. Tutarlılık kontrolü, Denklem (5.9)'de gösterildiği şekilde tutarlılık oranı (CR) hesaplanarak gerçekleştirilir. Tablo 5.2., rastgele oluşturulan çok sayıda matrisin CI değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen rastgele tutarlılık indeksi (RI) değerlerini sunmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5.8)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.9)$$

Tablo 5.2. Tutarlılık indeksi (Saaty, Vargas ve Dellmann, 2012)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tutarlılık kontrolü, elde edilen ağırlıkların doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmede kritik bir aşamadır. Ancak, matrisin tamamen tutarlı olması zorunlu değildir; çünkü Saaty (1983), tutarlılık oranı (CR) değerinin 0.10 ve altında olmasının kabul edilebilir tutarsızlık düzeyini temsil ettiğini, 0.20'ye kadar olan değerlerin ise tolere edilebilir olduğunu belirtmiştir. Eğer CR değeri bu sınırların üzerine çıkarsa, karar vericinin ikili karşılaştırmalarını yeniden gözden geçirerek yargılar arasındaki tutarlılığı artırması gerekmektedir.

Ana kriterlerin ağırlıkları ile alt kriterlerin yerel ağırlıkları belirlendikten sonra, kriterlerin küresel ağırlıkları hesaplanabilir. Bu süreç, her bir alt kriterin yerel ağırlığının, ait olduğu ana kriterin ağırlığı ile çarpılması yoluyla gerçekleştirilir. Böylece, alt kriterlerin karar sürecindeki genel öncelikleri ortaya konmuş olur.

5.2 AHP Sürecinin Bir Karar Destek Modeli Olarak İşlevi

Günümüzün hızlı değişen ve karmaşık iş ortamlarında, karar vericiler çoğu zaman çok sayıda alternatif, belirsizlik ve çeşitli kriterler arasında seçim yapmak zorunda kalmaktadır. Bu durum, özellikle havacılık sektörü gibi yüksek maliyetli ve stratejik kararların verildiği sektörlerde daha da kritik hale gelmektedir. Karar Destek Sistemleri (KDS), karar vericilerin mevcut verileri analiz ederek daha bilinçli, tutarlı ve rasyonel kararlar almalarını sağlamak amacıyla geliştirilmiş bilişim tabanlı sistemlerdir. KDS'ler, karar sürecinde kullanılan farklı veri kaynaklarını bir araya getirir, analiz araçları sunar ve alternatiflerin karşılaştırılmasına olanak tanır.

KDS'lerin temel işlevleri arasında, karar vericilere problem çözme sürecinde bilgi sağlama, alternatifleri değerlendirme, kriterler arasındaki ilişkileri analiz etme ve belirsizlikleri minimize etme yer almaktadır. Bu sistemler, özellikle ÇKKV süreçlerinde sıkça kullanılmaktadır. AHP, karar verme sürecini hiyerarşik bir yapıya dönüştürerek, karmaşık problemlerin daha yönetilebilir ve analiz edilebilir bir forma getirilmesini sağlayan etkili birçok ÇKKV yönteminden biridir. AHP, karar vericilerin hem nitel hem de nicel kriterleri dikkate alarak alternatifler arasında kıyaslama yapmalarına olanak tanır. Bu özelliği sayesinde AHP, karar destek sistemlerinin temel işlevlerinden biri olan

alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması süreçlerinde sıklıkla tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

Günümüz rekabetçi havacılık sektöründe, karar vericiler genellikle çok sayıda, birbiriyle çelişen ve farklı öncelik derecelerine sahip kriterler altında seçim yapmak zorunda kalmaktadır. Özellikle LCC'ler için ikinci el uçak seçimi süreci hem operasyonel hem de finansal açıdan karmaşık çok kriterli bir karar problemidir. Bu bağlamda, karar vericilere sistematik, tutarlı ve rasyonel bir seçim süreci sunabilen karar destek modellerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen AHP tabanlı Microsoft Excel arayüzü aracılığıyla oluşturulan karar destek modeli, LCC (Low-Cost Carrier) yöneticilerine farklı Boeing 737 serisi ikinci el uçak alternatifleri arasından en uygun seçeneği belirleme konusunda bir karar altyapısı sunmaktadır. Modelin işleyiş süreci ise dört temel adımdan oluşmaktadır:

Problemin hiyerarşik olarak yapılandırılması adımımda ikinci el uçak seçimi problemi; amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler olmak üzere çok seviyeli bir hiyerarşik yapıya dönüştürülmüştür. Bu yapı, karar vericilerin kriterleri daha kolay analiz etmelerini sağlamaktadır.

İkili karşılaştırma süreci adımımda karar vericiler, her kriter düzeyinde ikili karşılaştırmalar yaparak, kriterlerin görelî önem düzeylerini belirlemişlerdir. Bu aşama, karar vericilerin subjektif yargılarının matematiksel olarak modele yansıtılmasına olanak tanımıştır.

Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve tutarlılık analizi adımımda ise elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinden kriter ağırlıkları türetilmiş ve tutarlılık oranları hesaplanarak karar sürecinin tutarlılığı test edilmiştir. Bu aşama, modelin güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmıştır.

En son adım olan alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanmasında her bir alternatif, belirlenen kriter ağırlıkları doğrultusunda değerlendirilmiş ve toplam puanlara göre en uygun uçak seçeneği belirlenmiştir.

Bu süreç sonucunda geliştirilen AHP temelli karar destek modeli, LCC yöneticilerine, öznel yargılarla objektif değerlendirmeyi harmanlayan, sistematik ve tekrarlanabilir bir karar mekanizması sunmaktadır. Ayrıca model, karar vericilerin tercihlerini açık bir şekilde analiz edebilmesine ve gerektiğinde karar parametrelerinde

değişiklik yaparak yeni senaryolar üzerinden farklı analizler gerçekleştirebilmesine imkân tanımaktadır.

Bu yönüyle çalışma hem akademik literatüre katkı sağlamayı hem de uygulayıcılar için pratik bir karar destek aracı oluşturmayı hedeflemektedir.



6. YAKLAŞIMIN UYGULANMASI ve ÇÖZÜMLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada, geliştirilen yaklaşımın değerlendirilmesi amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi kapsamında, belirlenen kriterlerin göreceli ağırlıklarının tespit edilmesi için havacılık sektöründe çeşitli alanlarda görev yapmış ve toplamda farklı uzmanlık profillerine sahip beş kişi ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, sektördeki deneyimleri, görev aldıkları kurumlar ve uzmanlık alanlarının çeşitliliği dikkate alınarak seçilmiştir. Bu yaklaşım, çalışmanın çıktılarının hem teknik hem de uygulamaya yönelik gerçeklikler ile uyumlu olmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Anket çalışmasına katılan uzmanların mesleki geçmişlerine ilişkin özet bilgiler aşağıda sunulmaktadır:

- Katılımcı 1: 28 yıllık uçak teknisyeni olup geçmişte MCC (Maintenance Control Center) Müdürlüğü görevinde bulunmuştur. Hâlihazırda bir uçak üreticisi firmada görev yapmakta olup, bakım operasyonları ve sistem yönetimi konularında derinlemesine bilgiye sahiptir.
- Katılımcı 2: 8 yıllık uçak mühendisi olan bu katılımcı, kariyerine savunma sanayisinde başlamış, sonrasında bir uçak üreticisine geçiş yapmıştır. Yapısal analiz, entegrasyon ve sistem mühendisliği konularında uzmandır.
- Katılımcı 3: 19 yıllık uçak teknisyeni unvanına sahip olmasına karşın aktif teknisyenlik görevi yapmamış, bir havayolu şirketinde uzun yıllar uçuşa elverişlilik denetimi alanında çalışmıştır. Hâlen başka bir havayolu işletmesinde üst düzey yönetici olarak görev yapmaktadır.
- Katılımcı 4: 12 yıllık uçak mühendisidir. Kariyerinde iki havayolu şirketinde çeşitli mühendislik birimlerinde çalışmış, ardından bir uçak üreticisine geçmiştir. Bakım yönetimi, mühendislik yönetimi, malzeme yönetimi ve uçak satın alma süreçlerinin proje yönetiminde, deneyim sahibidir.
- Katılımcı 5: 8 yıllık makine mühendisidir. Meslek hayatına doğrudan bir havayolu şirketinin mühendislik biriminde başlamış, aktif olarak makine mühendisliği yapmamıştır. Uçak sistemleri, yapısal tamir süreçleri, yedek malzeme yönetim süreçleri ve bakım mühendisliği alanlarında görev almıştır.

Anketlerden elde edilen veriler, AHP metodolojisi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Katılımcılar tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar, öncelikle Microsoft Excel ortamında analiz edilmiş ve her bir kriterin ağırlığı hesaplanmıştır. Hesaplamalar

sırasında tutarlılık oranı da dikkate alınmış, tüm katılımcıların karşılaştırmalarının CR değerleri %10'un altında çıkmıştır. Bu sonuç, karşılaştırmaların yöntemsel olarak tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Ek olarak, elde edilen veriler Super Decisions yazılımına aktarılmış, Excel tabanlı hesaplamalarla yazılım çıktıları karşılaştırılarak doğrulama süreci gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir tutarlılık gözlemlenmiş ve analiz sonuçlarının geçerliliği desteklenmiştir.

6.1. AHP ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Beş havacılık uzmanının bireysel değerlendirmeleri, ana ve alt kriter seviyelerinde ikili karşılaştırma matrisleri oluşturmak amacıyla anketler yoluyla toplanmıştır. Anketlerde, Bölüm 5.1'de açıklanan ve Saaty (1990) tarafından önerilen dokuz basamaklı temel ölçek kullanılmıştır. Uzman görüşleri birleştirilmeden önce, oluşturulan matrislerin tutarlılıkları değerlendirilmiştir ve CR değeri 0.10'nin altında olduğu gözlemlenmiştir (Saaty, 1990). Anket çalışmasına katılan beş uzmanında değerlendirmeleri bu şartı sağladığı için hepsi çalışmaya dahil edilmiştir.

Uzmanların bireysel tercihlerini ortak bir görüşe dönüştürmek amacıyla geometrik ortalama yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, Aczel ve Saaty (1983) ve Saaty (2008) tarafından ikili karşılaştırmalar matrislerinin karşılıklı (reciprocal) yapısını koruma özelliği nedeniyle ile önerilmektedir (Aczel ve Saaty, 1983; Saaty, 2008). Geometrik ortalama yöntemi ile bireysel tercihler birleştirildiğinde, elde edilen birleşik matrisin CR değeri, bireysel yargılarla oluşturulmuş bir matris gibi aynı yöntemle hesaplanabilmektedir (Saaty, 1989).

Geometrik ortalama yöntemiyle oluşturulan ana kriter düzeyinde ikili karşılaştırmalar matrisi, Tablo 6.1.'de verilmiş olup denklem (5.1), (5.2) ve (5.3)'e uygun şekilde hazırlanmıştır.

Tablo 6.1. Ana kriterler düzeyinde ikili karşılaştırmalar matrisi

Sembol	Kriter	Tasarım Özellikleri	Maliyet	Emniyet Geçmişi	Uçağın Durumu	Bakım
K_1	Tasarım Özellikler	1.0000	0.2857	2.6673	0.5818	
K_2	Maliyet	3.4997	1.0000	5.7203	2.1411	
K_3	Emniyet Geçmişi	0.3749	0.1748	1.0000	0.1936	
K_4	Uçağın Bakım Durumu	1.7188	0.4670	5.1648	1.0000	
	Toplam	6.6	1.9	14.6	3.9	

Ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş hali Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Ana kriterler düzeyinde normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi

Kriter	Tasarım Özellikleri	Maliyet	Emniyet Geçmişi	Uçağın Durumu	Bakım
Tasarım Özellikler	0.15	0.15	0.18	0.15	
Maliyet	0.53	0.52	0.39	0.55	
Emniyet Geçmişi	0.06	0.09	0.07	0.05	
Uçağın Bakım Durumu	0.26	0.24	0.35	0.26	
	1.00	1.00	1.00	1.00	

Ana kriterlere ait özvektör, Tablo 6.2.'deki normalize edilmiş KKM'ye dayanarak oluşturulmuş ve Tablo 6.3.'te sunulmuştur. Bu işlem denklem (5.5) ve (5.6) ve (5.7) kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 6.3. Ana kriterlerin özvektör gösterimi

Kriter	Özvektör (Eigenvector)	
Tasarım Özellikler	0.15794	16%
Maliyet	0.49734	50%
Emniyet Geçmişi	0.06643	7%
Uçağın Bakım Durumu	0.27830	28%
	1.00	100%

Tablo 6.4.'de ana kriterlerin özdeğer gösterimi bulunmaktadır. Denklem (5.5)'de bulununan λ_{max} olarak gösterilen en büyük özdeğer 4.04 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi CI , denklem (5.8) kullanılarak 0.01 olarak hesaplanmış, tutarlılık oranı CR denklem (5.9) kullanılarak 0.02 olarak hesaplanmış ve tutarlı bulunmuştur.

Tablo 6.4. Ana kriterlerin özdeğer gösterimi

Kriter	Özdeğer (Eigenvalue)
Tasarım Özellikler	0.64
Maliyet	2.03
Emniyet Geçmişi	0.27
Uçağın Bakım Durumu	1.13

6.2. AHP ile Ana Kriterlerin Altındaki Alt Kriterlerinin ve Alternatiflerin

Değerlendirilmesi

Ana kriter ağırlıklarının nasıl belirlendiği, bir önceki başlıkta (6.1) AHP yöntemi ile adım adım gösterilmiştir. AHP yöntemi kapsamında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri Excel ortamında analiz edilmiştir. Öncelikle her matris için geometrik ortalamalar hesaplanarak normalize edilmiş ikili karşılaştırma değerleri elde edilmiştir (Prasad ve Kousalya, 2017). Bu değerler kullanılarak kriterlerin öncelik vektörleri ve özvektörleri belirlenmiş, ardından en büyük özdeğer ve tutarlılık oranları hesaplanarak karar matrislerinin tutarlılığı değerlendirilmiştir. Benzer metodoloji ana kriterlerin altındaki tüm alt kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde de kullanılmıştır.

Bu bölümde her bir ana kriter açısından alt kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri, uzman görüşlerinin geometrik ortalamaları dikkate alınarak Tablo 6.5. – Tablo 6.22.'de verilmiştir.

Tablo 6.5. *Tasarım özellikler ana kriterinin alt kriterleri KKM*

Sembo l	Kriter	Maksimu m Uçuş Mesafesi (km)	Yakıt Verimliliği (km/Lt)	Maksimu m Kargo Kapasitesi (m ³)	Maksimu m Yakıt Kapasitesi (L)	Winglet Kanat Ucu Komponentle ri
K_{11}	Maksimum Uçuş Mesafesi (km)	1.0000	0.1478	1.9037	1.8384	1.0696
K_{12}	Yakıt Verimliliği (km/Lt)	6.7656	1.0000	7.6096	7.2365	5.7110
K_{13}	Maksimum Kargo Kapasitesi (m ³)	0.5253	0.1314	1.0000	0.3165	0.3328
K_{14}	Maksimum Yakıt Kapasitesi (L)	0.5439	0.1382	3.1598	1.0000	0.8876
K_{15}	Winglet Kanat Ucu Komponentle ri	0.9349	0.1751	3.0049	1.1266	1.0000
	Toplam	9.8	1.6	16.7	11.5	9.0

Tablo 6.6. *Maliyet ana kriterinin alt kriterleri KKM*

Sembol	Kriter	Koltuk Mil Maliyeti	Uçağın Maliyeti	Uçağın Maliyeti
K_{21}	Koltuk Mil Maliyeti	1.0000	1.1076	0.3165
K_{22}	İşletme Maliyeti	0.9029	1.0000	0.2215
K_{23}	Uçağın Maliyeti	3.1598	4.5144	1.0000
	Toplam	5.1	6.6	1.5

Tablo 6.7. *Emniyet geçmiş ana kriterinin alt kriterleri KKM*

Sembol	Kriter	Kaza/Kırım Durumu	Kronik Arızalar
K_{31}	Kaza/Kırım Durumu	1.0000	0.4010
K_{31}	Kronik Arızalar	2.4937	1.0000
	Toplam	3.5	1.4

Tablo 6.8. *Uçağın bakım durumu ana kriterinin alt kriterleri KKM*

Sembol	Kriter	AD Durumu	MPD Bakım Durumu	Kart	HT Durumu	LLP Durumu
K_{41}	AD Durumu	1.0000	0.5439		2.6265	0.1841
K_{42}	MPD Bakım Kart Durumu	1.8384	1.0000		3.3282	0.2540
K_{43}	HT Durumu	0.3807	0.3005		1.0000	0.1455
K_{44}	LLP Durumu	5.4310	3.9363		6.8705	1.0000
	Toplam	8.6502	5.7807		13.8252	1.5837

Tablo 6.9. *Maksimum uçuş mesafesi (km) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	7.7403	5.7203
A_2	0.1292	1.0000	0.4152
A_3	0.1748	2.4082	1.0000
Toplam	1.3040	11.1485	7.1356

Tablo 6.10. *Yakıt verimliliği (km/L) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	8.5588	6.1185
A_2	0.1168	1.0000	0.4152
A_3	0.1634	2.4082	1.0000
Toplam	1.2803	11.9670	7.5338

Tablo 6.11. *Maksimum kargo kapasitesi (m^3) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	0.3010	0.3010
A_2	3.3227	1.0000	1.0000
A_3	3.3227	1.0000	1.0000
Toplam	7.6454	2.3010	2.3010

Tablo 6.12. Maksimum yakıt kapasitesi (L) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	0.3010	0.3010
A_2	3.3227	1.0000	1.0000
A_3	3.3227	1.0000	1.0000
Toplam	7.6454	2.3010	2.3010

Tablo 6.13. Kanat ucu komponentleri (winglet) alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	3.5540	2.8576
A_2	0.2814	1.0000	0.4152
A_3	0.3499	2.4082	1.0000
Toplam	1.6313	6.9622	4.2729

Tablo 6.14. Koltuk mil maliyeti alt kriterinin alternatifleri ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	8.1393	6.1185
A_2	0.1229	1.0000	0.3333
A_3	0.1634	3.0000	1.0000
Toplam	1.2863	12.1393	7.4519

Tablo 6.15. İşletme maliyeti alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	8.1393	6.1185
A_2	0.1229	1.0000	0.3333
A_3	0.1634	3.0000	1.0000
Toplam	1.2863	12.1393	7.4519

Tablo 6.16. Uçağın maliyeti alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	0.1168	0.2144
A_2	8.5588	1.0000	3.9363
A_3	4.6632	0.2540	1.0000
Toplam	14.2220	1.3709	5.1507

Tablo 6.17. Kaza/Kırım durumu alt kriterinin alternatiflerinin ikili karşılaştırma matrisi

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	1.0000	0.7634
A_2	1.0000	1.0000	0.8027
A_3	1.3099	1.2457	1.0000
Toplam	3.3099	3.2457	2.5661

Tablo 6.18. *Kronik arızalar alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	7.1143	4.9878
A_2	0.1406	1.0000	0.3333
A_3	0.2005	3.0000	1.0000
Toplam	1.3411	11.1143	6.3211

Tablo 6.19. *AD durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	8.5588	5.7203
A_2	0.1168	1.0000	0.3333
A_3	0.1748	3.0000	1.0000
Toplam	1.2917	12.5588	7.0537

Tablo 6.20. *MPD durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	6.1185	7.2365
A_2	0.1634	1.0000	1.9332
A_3	0.1382	0.5173	1.0000
Toplam	1.3016	7.6358	10.1697

Tablo 6.21. *HT komponent durumu alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	6.2134	0.8891
A_2	0.1609	1.0000	0.1813
A_3	1.1247	5.5152	1.0000
Toplam	2.2857	12.7287	2.0704

Tablo 6.22. *LLP komponent alt kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi*

Alternatif	A_1	A_2	A_3
A_1	1.0000	2.036	5.156
A_2	0.491	1.0000	3.323
A_3	0.194	0.301	1.0000
Toplam	1.685	3.337	9.479

6.3. En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Elde edilen bulgular doğrultusunda, ana kriterlerin ağırlıkları, alt kriterlerin lokal ağırlıkları ve tüm kriterlerin global ağırlıkları hesaplanmıştır. Son aşamada, alternatiflere (A_1, A_2, A_3) ilişkin ağırlıklandırılmış toplam puanlar belirlenmiş ve bu sonuçlara göre en uygun alternatif seçilmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde, alternatifler arasında en yüksek ağırlıklı toplam skoru elde eden Alternatif 1 (A_1), değerlendirme kriterleri açısından en uygun seçenek olarak öne çıkmaktadır. Tablo 6.23.'de yer alan bulgular, A_1 'in diğer alternatiflere kıyasla daha üstün olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, ilgili işletme için en uygun uçak seçeneğinin A_1 olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.23. *Alternatiflerin ağırlıklandırılmış toplam puanlarının gösterimi*

Ana Kriterler	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriter Sembol	Alt Kriter Lokal Ağırlıkları	Kriterlerin Global Ağırlıkları	A_1	A_2	A_3	A_1^*	A_2^*	A_3^*
Tasarım Özellikleri	0.157935	K_{11}	0.117552	0.018566	0.754272	0.082322	0.163405	0.014003	0.001528	0.003034
		K_{12}	0.607893	0.096008	0.769476	0.076647	0.153877	0.073876	0.007359	0.014773
		K_{13}	0.052139	0.008235	0.130798	0.434601	0.434601	0.001077	0.003579	0.003579
		K_{14}	0.103469	0.016341	0.130798	0.434601	0.434601	0.002137	0.007102	0.007102
		K_{15}	0.118946	0.018786	0.597418	0.137766	0.264816	0.011223	0.002588	0.004975
Maliyet	0.497336	K_{21}	0.190184	0.094585	0.756329	0.074208	0.169462	0.071537	0.007019	0.016029
		K_{22}	0.157793	0.078476	0.756329	0.074208	0.169462	0.059354	0.005824	0.013299
		K_{23}	0.652023	0.324274	0.065725	0.698492	0.235783	0.021313	0.226503	0.076458
Emniyet Geçmişi	0.066427	K_{31}	0.286231	0.019013	0.302568	0.307679	0.389753	0.005753	0.005850	0.007410
		K_{32}	0.713769	0.047413	0.724951	0.082507	0.192541	0.034372	0.003912	0.009129
Uçağın Bakım Durumu	0.278302	K_{41}	0.128986	0.035897	0.755558	0.072446	0.171996	0.027122	0.002601	0.006174
K_{42}		0.196665	0.054732	0.760380	0.148873	0.090747	0.041617	0.008148	0.004967	
K_{43}		0.065057	0.018105	0.451692	0.078850	0.469457	0.008178	0.001428	0.008500	
K_{44}		0.609291	0.169567	0.582527	0.313882	0.103591	0.098777	0.053224	0.017566	
Toplam (Sıralama)								0.4703(1)	0.3367(2)	0.1930(3)

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması, LCC'ler açısından stratejik bir karar alanı olan ikinci el uçak satın alma sürecini, ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP ile analiz ederek literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamıştır. Günümüz havacılık sektöründe artan maliyet baskıları, üretim gecikmeleri ve filo esnekliğine duyulan ihtiyaç, ikinci el uçak pazarının önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu bağlamda, rasyonel ve analitik temelli karar destek sistemlerine duyulan gereksinim de giderek artmaktadır.

Çalışmada, yalnızca aynı üreticiye (Boeing) ait ve tek tip filo stratejisiyle uyumlu olan ikinci el uçak modelleri (B737-800 ve B737-8 MAX) analiz edilmiş; böylece hem uygulamaya dönük hem de gerçekçi bir senaryo kurgulanmıştır. Geliştirilen AHP modeli sayesinde maliyet, tasarım özellikleri, emniyet geçmişi ve bakım durumu gibi çok boyutlu kriterler, karar verici öncelikleri doğrultusunda sistematik olarak değerlendirilmiştir.

AHP analizinde elde edilen ana kriter ağırlıkları, LCC'lerin ikinci el uçak seçiminde hangi faktörlere öncelik verdiklerini net biçimde ortaya koymuştur. En yüksek ağırlık %49.73 ile maliyet kriterine ait olup, bu durum LCC'lerin iş modelinin temelini oluşturan maliyet liderliği stratejisini doğrudan yansıtmaktadır. Bu tür işletmeler için sermaye tasarrufu ve uygun alım maliyetleri, filo genişletme sürecinde belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. İkinci sırada yer alan %27.83 ağırlığa sahip bakım durumu kriteri ise, operasyonel verimlilik, zamanında kalkış oranı ve öngörülebilir bakım maliyetleri açısından oldukça kritik görülmektedir. %15.79 ağırlığa sahip tasarım özellikleri kriteri, özellikle yakıt verimliliği ve menzil gibi teknik performans öğeleriyle, kısa ve orta menzilli yoğun uçuş programları yürüten LCC'ler için önem taşımaktadır. Emniyet geçmişi kriteri ise %6.64'lük ağırlığı ile daha az öncelikli bir faktör olarak değerlendirilmiş; bu durum, çalışmada incelenen uçakların benzer emniyet profillerine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

Alt kriterler düzeyinde yapılan analizler ise, LCC'lerin kararlarını nasıl daha ayrıntılı düzeyde yapılandırıldığını göstermektedir. Tasarım özellikleri kriteri altında en yüksek ağırlık %60.79 ile yakıt verimliliğine verilmiş; bu da yakıt maliyetlerinin LCC'lerin operasyonel yapısındaki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Maliyet kriteri altında %65.20 ile ilk alım maliyeti ön plana çıkmış; sermaye tasarrufu sağlama amacıyla ikinci el uçak tercihinin temel gerekçesi ortaya konmuştur. Emniyet geçmişi kriterinde %71.37 ile kronik arıza geçmişi, uçakların güvenilirliğine dair öncelikli bir

gösterge olarak öne çıkarken; bakım durumu kriteri altında %60.93 ile LLP komponent durumu, bakım planlamasının sürdürülebilirliği ve maliyet açısından kilit bir unsur olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması göstermektedir ki, düşük maliyetli havayolu işletmeleri ikinci el uçak seçiminde öncelikle maliyet, ardından operasyonel güvenilirlik ve teknik sürdürülebilirliğe odaklanmaktadır. Uçak seçimi süreci yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda mühendislik temelli riskleri yönetecek şekilde yapılandırılmaktadır. Geliştirilen karar destek modeli, akademik literatüre katkı sağlamanın yanı sıra, havayolu yöneticilerine de pratik ve uygulanabilir bir analiz çerçevesi sunmaktadır.

Analiz sonucunda alternatif uçaklar arasında en yüksek toplam skoru A_1 (Boeing 737-8 MAX) almıştır. Bu modelin öne çıkmasında, özellikle yakıt verimliliği, düşük birim koltuk maliyeti, yeni bir uçak modeli olmasından dolayı kronik arızasının olmaması ve bakım maliyetinin daha az olması belirleyici olmuştur. A_1 'in, AHP modelinde en yüksek ağırlığı alan yakıt verimliliği ve satın alım maliyeti gibi alt kriterlerde diğer alternatiflere kıyasla üstün performans göstermesi, düşük maliyetli havayolu işletmelerinin uzun vadeli maliyet kontrolü hedefiyle doğrudan örtüşmektedir.

737-8 MAX'in hem daha düşük yakıt tüketiminin avantajı, LCC'ler için operasyonel verimliliği artırmakta ve toplam sahip olma maliyetini düşürmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın ortaya koyduğu model ve sonuçlar, düşük maliyetli havayollarının rekabet avantajlarını güçlendirecek filo stratejileri geliştirmeleri açısından değerli bir yol haritası sunmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, hem akademik literatüre katkı sağlamak hem de sektörel uygulamalara yol göstermek amacıyla çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Öncelikle, bu tez yalnızca Boeing 737-800 ve 737-8 MAX modellerine odaklanmıştır; ancak gelecek araştırmalarda Airbus gibi farklı üreticilere ait uçakların da dâhil edilmesiyle çok daha geniş kapsamlı ve karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilebilir. Ayrıca, tezde varsayımsal bir senaryo kurgulanmış olmakla birlikte, gerçek filo verileri ve operasyonel şartlara dayalı vaka analizlerinin kullanılması, geliştirilen modelin uygulanabilirliğini ve geçerliliğini artıracaktır. Bunun yanında, çalışmada yalnızca AHP yöntemi tercih edilmiş olup, ilerleyen çalışmalarda FAHP, TOPSIS veya ELECTRE gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırmalı analizler yapılarak modelin sağlamlığı test edilebilir. Çalışma, uçak satın alma süreçlerini ele almış olsa da, özellikle düşük maliyetli havayolu işletmeleri açısından yaygın biçimde kullanılan kiralama

alternatiflerinin de değeriendirilmesi, daha gerçekçi ve bütüncül sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Aynı şekilde, günümüz havacılık sektöründe giderek daha fazla önem kazanan çevresel sürdürülebilirlik, karbon emisyonu ve çevresel etki gibi kriterlerin karar modellerine entegre edilmesi, çevresel duyarlılıkla uyumlu filo yönetim stratejileri geliştirilmesine katkı sunabilir. Bu çalışmada bu entegrasyonun yapılmamış olmasının sebebi Boeing 737-8 MAX ve 737-800 uçaklarında kullanılan motorların opsiyonunun olmamasıdır. Son olarak, bu çalışmada sınırlı sayıda karar verici görüşüne başvurulmuş olması önemli bir sınırlılık olup, daha geniş katılımlı uzman grupları ile yürütülecek çalışmalar, modelin temsil gücünü ve karar kalitesini artıracaktır. Tüm bu öneriler, ilerleyen çalışmalara hem yöntemsel hem de uygulamaya yönelik zenginleştirici katkılar sağlayabileceği gibi, havayolu işletmelerinin daha analitik, sürdürülebilir ve rekabetçi filo stratejileri oluşturmalarına da destek olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ackert, S. (2012). Basics of aircraft maintenance reserve development and management. *Aircraft monitor*, 1.
- Ackert, S. P. (2010). Basics of aircraft maintenance programs for financiers. *Evaluation & insights of commercial aircraft maintenance programs*, 10.
- Aczel, J. and Saaty, T. L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of mathematical Psychology*, 27(1), 93-102.
- Ahmed, S. K., Sivakumar, G., Kabir, G. and Ali, S. M. (2020). Regional aircraft selection integrating fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) and efficacy method. *Journal of Production Systems and Manufacturing Science*, 1(2), 12-12.
- Airbus. (2022). *Airbus Facts and Figures report Aviation Benefits Report*. Airport Council International.. Hamburg: Airbus.
- Airbus. (2024). *A320NEO Family- The most successful aircraft family. Ever*. Airbus
- Acar, A. Z. and Karabulak, S. (2015). Competition between full service network carriers and low cost carriers in Turkish airline market. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 642-651.
- Aji, A. I., Ramadhan, K. I. and Hidayatullah, L. (2021). Analysis for cost leadership strategy and core competitiveness points of Air Asia. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Rome, Italy*.
- Akgüç, M., Beblavy, M. and Simonelli, F. (2018). Low-Cost Airlines: Bringing the EU closer together. CEPS Research Report, 15 May 2018.
- Alamdari, F. and Fagan, S. (2005). Impact of the adherence to the original low-cost model on the profitability of low-cost airlines. *Transport Reviews*, 25(3), 377-392.
- Allianz Global Corporate and Specialty. (2014). *Global Aviation Safety Study*.Allianz.
- Ara, I. (2018). Experimental study on the aerodynamic performance of winglets with curve edged wing of NACA 4412.
- Ardil, C. (2021). Comparison of Composite Programming and Compromise Programming for Aircraft Selection Problem Using Multiple Criteria Decision Making Analysis Method. *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, 15(11), 479-485.
- Ariff, H., Salit, M. S., Ismail, N. ve Nukman, Y. (2008). Use of analytical hierarchy process (AHP) for selecting the best design concept. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 1â-18.
- Astakhov, Y. (2022). *Increasing the wear-resistance of aircraft Boeing 737 landing gear parts*. Doctoral Dissertation. Kyiv: National University, Aviation Institute.

- Atay, M., Eroğlu, Y. ve Seçkiner, S. U. (2022). Does fleet standardization matter on profitability and financial policy response of airlines during COVID-19 pandemics in the US?. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 11, 100088.
- Avogadro, N., Malighetti, P., Redondi, R. and Salanti, A. (2021). A tale of airline competition: When full-service carriers undercut low-cost carriers fares. *Journal of Air Transport Management*, 92, 102027.
- Bachmann, C. D. (2019). *Experimental and numerical investigation of NACA airfoil wing with winglets*. Master Thesis. Statesboro: Georgia Southern University, Mechanical Engineering Faculty.
- Bachwich, A. R. and Wittman, M. D. (2017). The emergence and effects of the ultra-low cost carrier (ULCC) business model in the US airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 62, 155-164.
- Bağcı, B. ve Kartal, M. (2024). A combined multi criteria model for aircraft selection problem in airlines. *Journal of Air Transport Management*, 116, 102566.
- Baik, Y. S., Kwak, B. and Lee, J. (2011). Deregulation and earnings management: The case of the US airline industry. *Journal of Accounting and Public Policy*, 30(6), 589-606.
- Barbot, C. (2004). Economic effects of re-allocating airports slots: a vertical differentiation approach. *Journal of Air Transport Management*, 10(5), 333-343.
- Baxter, G. and Srisaeng, P. (2022). The Evolution of the Low-Cost Carriers in the Trans-Tasman Aviation Market. *Journal of Aviation*, 6(3), 289-310.
- Bhattacharya, S. and Nisha, Y. (2020). A case study on Boeing's 737 MAX crisis on account of leadership failure. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(9), 116-118.
- Bitzan, J. and Peoples, J. (2016). A comparative analysis of cost change for low-cost, full-service, and other carriers in the US airline industry. *Research in Transportation Economics*, 56, 25-41.
- Boeing.(2011, Temmuz).737-12345 *Airworthiness Limitations / Certification Requirements*.Boeing.
- Boeing (2021) 737 MAX Airplane Characteristics for Airport Planning D6-38A004). Boeing Commercial Airplanes.
- Bombelli, A., Santos, B. F. and Tavasszy, L. (2020). Analysis of the air cargo transport network using a complex network theory perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 138, 101959.
- Borenstein, S. (1992). The evolution of US airline competition. *Journal of Economic perspectives*, 6(2), 45-73.

- Bozogan, M. and Hurna, S. (2018). Differences Between Low-Cost Model and Full-Service Model in Air Industry. *Acta Logistica*, 5(4), 115-119.
- Bruno, G., Esposito, E. and Genovese, A. (2015). A model for aircraft evaluation to support strategic decisions. *Expert Systems with Applications*, 42(13), 5580-5590.
- Brüggen, A. and Klose, L. (2010). How fleet commonality influences low-cost airline operating performance: Empirical evidence. *Journal of Air Transport Management*, 16(6), 299-303.
- Bugaj, M., Urminsky, T., Rostas, J. and Pecho, P. (2019). Aircraft maintenance reserves—new approach to optimization. *Transportation Research Procedia*, 43, 31-40.
- Burghouwt, G., Mendes de Leon, P. and De Wit, J. (2015). EU air transport liberalisation: process, impacts and future considerations. International Transport Forum Discussion Paper.
- Button, K. (2009). The impact of US–EU “Open Skies” agreement on airline market structures and airline networks. *Journal of Air Transport Management*, 15(2), 59-71.
- Button, K. and Ison, S. (2008). The economics of low-cost airlines: Introduction. *Research in Transportation Economics*, 24(1), 1.
- Caicedo, S. (2009). Too early, too quickly: Impact of short-term decisions in fleet renewal programs. *Too Quickly: Impact of Short-Term Decisions in Fleet Renewal Programs (July 30, 2009)*.
- Canco, I., Kruja, D. and Iancu, T. (2021). AHP, a reliable method for quality decision making: A case study in business. *Sustainability*, 13(24), 13932.
- Carmona Benitez, R. B. and Lodewijks, G. (2008). *Literature review of the passenger airline business models*. Delft: TU Delft
- Chang, Y. H. and Shao, P. C. (2011). Operating cost control strategies for airlines. *African Journal of Business Management*, 5(26), 10396.
- Chen, L. and Pawlikowski, H. (2015). *The expansion of low cost carriers into the long-haul market: a strategic analysis of Norwegian Air Shuttle ASA*. Master Thesis. Bergen: Norwegian School of Economics, Economics and Business Administration Institute.
- Chiambaretto, P. and Combe, E. (2023). Business model hybridization but heterogeneous economic performance: Insights from low-cost and legacy carriers in Europe. *Transport Policy*, 136, 83-97.
- Commission Regulation. (2016, Temmuz 11). Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex I (PART-M).
- D’Alfonso, T., Malighetti, P. and Redondi, R. (2011). The pricing strategy of Ryanair. Walsh, C., *Airline Industry Strategies, Operations and Safety*, Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, 119-141.

- De Borges Pan, A. G., Santo Jr, E. and Respicio, A. (2004). Developing a Fleet Standardization Index for Airline Pricing. *Journal of Air Transportation*, 9(2).
- De Jonge, B. and Scarf, P. A. (2020). A review on maintenance optimization. *European journal of operational research*, 285(3), 805-824.
- Diaconu, L. (2012). The evolution of the European low-cost airlines 'business models. Ryanair case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 342-346.
- Dobruszkes, F. (2006). An analysis of European low-cost airlines and their networks. *Journal of Transport Geography*, 14(4), 249-264.
- Doganis, R. (2009). *Flying off course: Airline economics and marketing*. Routledge.
- Dos Santos, M., de Araújo Costa, I. P. and Gomes, C. F. S. (2021). Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 13(1).
- Dozic, S. and Kalic, M. (2014). An AHP approach to aircraft selection process. *Transportation Research Procedia*, 3, 165-174.
- Dozic, S. and Kalic, M. (2015a). Three-stage airline fleet planning model. *Journal of air transport management*, 46, 30-39.
- Dozic, S. and Kalic, M. (2015b). Comparison of two MCDM methodologies in aircraft type selection problem. *Transportation Research Procedia*, 10, 910-919.
- Dozic, S., Lutovac, T. and Kalic, M. (2018). Fuzzy AHP approach to passenger aircraft type selection. *Journal of air transport management*, 68, 165-175.
- EASA. (2020). *Consolidated Regulation (EU) No 1321/2014 on Continuing Airworthiness*. Cologne.
- Edwards, J. E. (2011). *Key characteristics and attitudes of airline passengers, with particular emphasis upon the low-cost sector: implications for pre-trip decision-making and airline choice*. Doctoral Dissertation. London: University of Westminster, Institute of Philosophy.
- Efthymiou, M. and Christidis, P. (2023). Low-Cost Carriers route network development. *Annals of Tourism Research*, 101, 103608.
- Efthymiou, M., Njoya, E. T., Lo, P. L., Papatheodorou, A. and Randall, D. (2018). The impact of delays on customers' satisfaction: An empirical analysis of the British Airways on-time performance at Heathrow Airport. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 11, e0219.
- Endrizalova, E., Novak, M., Nemec, V., Hyrslova, J. and Mrazek, P. (2018). Operating lease as a specific form of airlines outsourcing. *Business Logistics in Modern Management*.

- Ennen, D., Allroggen, F. and Malina, R. (2019). Non-stop versus connecting air services: Airfares, costs, and consumers' willingness to pay.
- Forgas, S., Moliner, M. A., Sanchez, J. and Palau, R. (2010). Antecedents of airline passenger loyalty: Low-cost versus traditional airlines. *Journal of Air Transport Management*, 16(4), 229-233.
- Forman, E. H. and Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—an exposition. *Operations research*, 49(4), 469-486.
- Francis, G., Humphreys, I., Ison, S. and Aicken, M. (2006). Where next for low cost airlines? A spatial and temporal comparative study. *Journal of Transport Geography*, 14(2), 83-94.
- Franek, J. and Kresta, A. (2014). Judgment scales and consistency measure in AHP. *Procedia economics and finance*, 12, 164-173.
- Gaspar, A., Barakat, L., Panagio, M., Linares, R. and Brancati, V. (2021). *General guidelines for aircraft acquisition*. Embry-Riddle Aeronautical University, Aviation Management Certificate Program, Daytona.
- Gillen, D. (2006). Airline business models and networks: Regulation, competition and evolution in aviation markets. *Review of Network economics*, 5(4).
- Gillen, D. (2018). Impacts of liberalisation in global mature markets. In *The Routledge Companion to Air Transport Management* (pp. 93-107). Routledge.
- Gillen, D. and Lall, A. (2004). Competitive advantage of low-cost carriers: some implications for airports. *Journal of Air Transport Management*, 10(1), 41-50.
- Givoni, M. and Rietveld, P. (2010). The environmental implications of airlines' choice of aircraft size. *Journal of Air Transport Management*, 16(3), 159-167.
- Gomes, L. F. A. M., de Mattos Fernandes, J. E. and de Mello, J. C. C. S. (2014). A fuzzy stochastic approach to the multicriteria selection of an aircraft for regional chartering. *Journal of Advanced Transportation*, 48(3), 223-237.
- GongZhang, H. and Axtelius, E. (2020). *Aircraft winglet design*. Bachelor Thesis. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, School of Engineering Science.
- Graciova, D. and Suwondo, E. (2021, August). Developing a non-routine maintenance load forecasting procedure in maintenance, repair and overhaul (MRO) XYZ company: A case study of B737NG aircraft. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1173, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- Gratzer, L. B. (1994). Seattle, USA Patent No. 5348253.
- Grimme, W., Maertens, S. and Bingemer, S. (2021). The role of very large passenger aircraft in global air transport—a review and outlook to the year 2050. *Transportation Research Procedia*, 59, 76-84.

- Gualini, A., Martini, G. and Porta, F. (2024). Are low cost carriers airfares still lower? A comparison with full service carriers in Europe. *Journal of the Air Transport Research Society*, 2, 100012.
- Gualini, A., Zou, L. and Dresner, M. (2023). Airline strategies during the pandemic: What worked?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 170, 103625.
- Gunarathna, D. S. (2020). *The Impact Of Safety On Fleet Acquisition And Management In US Commercial Airlines*. The University of North Dakota.
- Güneş, H. G. (2022). *Wide-body aircraft selection using multi-criteria decision making methods*. Master Thesis. Ankara: Middle East Technical University, Graduate School of Social Sciences.
- Güntüt, C. ve Gökdalay, M. (2023). Aircraft Selection Decision Support Model for Fleet Planning of the Low Cost Airlines. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(2), 460-478.
- Handfield, W. and Winters, P. (2019). Boeing 737 Max Crashes Could Cost European Insurers \$450 Million. *Insurance Joournal*.
- Hassan, T. H., Sobaih, A. E. E. and Salem, A. E. (2021). Factors affecting the rate of fuel consumption in aircrafts. *Sustainability*, 13(14), 8066.
- Hensey, R. and Magdalina, A. (2018). A320 NEO vs. CEO comparison study. *FPG Amentum*, 1-15.
- Hirsch, B. T. and Macpherson, D. A. (2000). Earnings, rents, and competition in the airline labor market. *Journal of Labor Economics*, 18(1), 125-155.
- Husemann, M., Schafer, K. and Stumpf, E. (2018). Flexibility within flight operations as an evaluation criterion for preliminary aircraft design. *Journal of Air Transport Management*, 71, 201-214.
- IATA. (2023). *Air Passenger Market Analysis report*. Montreal: IATA.
- IATA Aircraft Leasing Technical Group. (2020). *Guidance Material and Best Practices for Life-Limited Parts (LLPs) Traceability*. Montreal, Kanada.
- ICAO. (2013). *2013 Safety Report*. Montreal: ICAO.
- ICAO. (2019). *Aviation Benefits Report*. Montreal: ICAO.
- ICAO. (2022). *Presentation of 2022 Air Transport statistical result*. Montreal: ICAO.
- İlgin, M. A. (2019). Aircraft selection using linear physical programming. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 12(2), 121-128.
- Imanov, T. and Safaeimanesh, S. (2025). Financial Examination of the Causes of the Boeing Company's Late Aircraft Delivery. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 6(1), 36-44.

- Jiang, H. and Hansman, R. (2006, September). An analysis of profit cycles in the airline industry. In *6th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference (ATIO)* (p. 7732).
- Jiang, Q. (2014). *The evolution of US airlines' productivity and cost performance from 2004-2012*. Doctoral Dissertation. Ithaca: Cornell University, Massachusetts Institute of Technology.
- Jupp, J. A. (2016). The design of future passenger aircraft—the environmental and fuel price challenges. *The Aeronautical Journal*, 120(1223), 37-60.
- Katarellos, E. and Koufodontis, I. (2012). Business relations between the low cost carriers and airports as a consequence of the air transport deregulation. *Journal of Air Transport Studies*, 3(1), 57-77.
- Khalid, A. and Gutierrez, A. (2024). Winglet Vortex Optimization. *The Kennesaw Journal of Undergraduate Research*, 11(1), 7.
- Kharina, A., Rutherford, D. and Zeinali, M. (2016). Cost assessment of near and mid-term technologies to improve new aircraft fuel efficiency. *Washington DC: The International Council on Clean Transportation*.
- Khvedeliani, M. (2002). *EU airline industry: low cost carriers vs. incumbents*. Master Thesis. Lund: Lund University, Department of Business Administration.
- Kim, D. (2016). The effects of airline deregulation: A comparative analysis. *Asian Journal of Business Environment*, 6(3), 5-10.
- Kim, Y. K. and Lee, H. R. (2011). Customer satisfaction using low cost carriers. *Tourism Management*, 235-243.
- Kiracı, K. and Bakır, M. (2018). Application of commercial aircraft selection in aviation industry through multi-criteria decision making methods. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(4), 307-332.
- Kiracı, K. and Ercan, A. (2020). *Journal of Air Transport Management- Aircraft selection by applying AHP and TOPSIS in interval type-2 fuzzy sets*.
- Kiracı, K. ve Bakır, M. (2019). Critic temelli Edas yöntemi ile havayolu işletmelerinde performans ölçümü uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (35), 157-174.
- Kiracı, K. and Mahmut, B. (2018). Using the Multi Criteria Decision Making Methods in Aircraft Selection Problems and an Application. *Journal of Transportation and Logistics*, 14-24.
- Kocakaya, K., Engin, T., Tektaş, M. and Aydın, U. (2021). Türkiye’de Bölgesel Havayolları için Uçak Tipi Seçimi: Küresel Bulanık AHP-TOPSIS Yöntemlerinin Entegrasyonu . *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi* , 29-58.

- Ko, Y. D. (2019). The airfare pricing and seat allocation problem in full-service carriers and subsidiary low-cost carriers. *Journal of Air Transport Management*, 92-102.
- Koech, A. K., Buyle, S. and Macario, R. (2023). Airline brand awareness and perceived quality effect on the attitudes towards frequent-flyer programs and airline brand choice - Moderating effect of frequent-flyer programs . *Journal of Air Transport Management*.
- Korkmaz, H. (2013). *Müşteri memnuniyetinde kano modeli: Türkiye'deki havayolu yolcuları örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kothari, N. Low-Cost Carrier, Service Quality Liberalization, No-Frills Airlines. *Journal of Research in Management & Technology*, 1-6.
- Kotze, R. (2017). *Sustainability Analysis of the Airline Industry – Low Cost Carriers and Full Service Carriers*. Lund: Lund University, Environmental Sciences, Policy and Management Institute.
- Kovacikova, K., Novak, A., Sedlackova, A. N. and Kovacikova, M. (2024). Evaluating passenger satisfaction: a comparative analysis of low-cost and traditional airlines. *Transportation Research Procedia*, 81, 77-83.
- Köse, Y. and Aktan, C. (2022). Analysis of cost structures and cost control strategies of airlines: an empirical study on a hypothetical airline company. *Journal of Aviation*, 6(1), 42-49.
- Köse, Y. ve Aktan, C. (2022). Uçak Etkinliğinin Operasyonel ve Finansal Metrikler Açısından Analitik Olarak İncelenmesi. *InTraders International Trade Academic Journal*, 5(2), 230-249.
- Kulakli, A. and Şahin, Y. (2023). A combined multi-criteria decision making approach for improvement of airlines' ground operations performance: a case study from Türkiye. *Systems*, 11(8), 421.
- Kuljanin, J., Kalic, M., Begovic, B., Mijovic, N. and Renold, M. (2021). The effect of LCC market entry on dominant FSC's price into long haul sector: A case of Norwegian competition on British Airways' prices on selected transatlantic routes. *Journal of Air Transport Management*, 91, 102016.
- Kuropatwa, M., Wegrzyn, N. and Kozuba, J. (2022). Turbofan engines efficiency, historical trends, and future prediction – A review. *Safety & Defense*, 2.
- Kühn, M. (2023). *Fuel Consumption of the 50 Most Used Passenger Aircraft*. Hamburg: Faculty of Engineering and Computer Science Department of Automotive and Aeronautical Engineering.
- Lampert, A. and Barlyn, S. (2019). Aviation Industry Braces for Double-Digit Premium Hikes After 737 MAX Groundings. *Insurance Journal*.

<https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/09/20/540673.htm>
adresinden alındı.

- Lawton, T. C. (2000). Flying lessons: learning from Ryanair's cost reduction culture. *Journal of air transportation world wide*, 5(1).
- Lee, T. T. H. and Yip, T. L. (2017). Impact of flight departure delay on airline choice behavior. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 273-278.
- Lee, W. H. (2018). *US airline industry operating cost measures from 2000-2016*. Doctoral Dissertation. Cambridge: University of Michigan, Massachusetts Institute of Technology.
- Lohmann, G. and Lipovich, G. (2016). Low cost carriers in South America. In *The Low Cost Carrier Worldwide* (pp. 79-96). Routledge.
- Magdalina, A. and Bouzaima, M. (2021). An empirical investigation of European airline business models: Classification and hybridisation. *Journal of Air Transport Management*, 93, 102059.
- Maksimovic, S., Vasic, Z. and Dosic, R. (2015). Service life extension program for aircraft structures. *Scientific Technical Review*, 65(3), 46-54.
- Marintseva, K. and Athousaki, R. (2024). Assessment of aircraft leasing efficiency: An airline perspective. *Journal of the Air Transport Research Society*, 3, 100039.
- McLean, D. (2005, September). Wingtip devices: what they do and how they do it. In *Boeing performance and flight operations engineering conference*.
- Merkert, R. (2023). The impact of engine standardization on the cost efficiency of airlines. *Research in Transportation Business & Management*, 46, 100797.
- Mızrak, F. (2023). Strategies for effective human resource management in the aviation industry: a case-based analysis. *Beykoz Akademi Dergisi*, 11(2), 82-109.
- Mrazova, M. (2013). Future directions of fuel efficiency in aviation industry. *Incas Bulletin*, 5(4), 71.
- Hüschelrath, K. and Müller, K. (2011). *Low cost carriers and the evolution of the US airline industry* (No. 11-051). ZEW Discussion Papers.
- Naor, M., Adler, N., Pinto, G. D. and Dumanis, A. (2020). Psychological safety in aviation new product development teams: Case study of 737 MAX airplane. *Sustainability*, 12(21), 8994.
- Narcizo, R. R., Oliveira, A. V. and Dresner, M. E. (2020). An empirical model of airline fleet standardization in Brazil: Assessing the dynamic impacts of mergers with an events study. *Transport Policy*, 97, 149-160.
- Nazri, E. M., Balhuwaisl, M. and Kasim, M. M. (2016). A pre-evaluation step towards a guaranteed consistent AHP-based pairwise comparison. *Journal of Advanced*

- Research in Social and Behavioural Sciences*, 4(1), 73-80. Nelson, R. (2020). *Fighting for Flying: The Competition Challenges between Full Service Network Carriers & Low-Cost Carriers in Latin America and the sustainable strategies to face Low-Cost Competition in the Industry*. Master Thesis. Louvain-la-Neuve: Université Catholique de Louvain, Institute of Business Engineering.
- Nuti, A., Bertini, F., Cipolla, V. and Di Rito, G. (2018). Design of a fuselage-mounted main landing gear of a medium-size civil transport aircraft. *Aerotecnica Missili & Spazio*, 97(2), 85-95.
- O'Higgins, E. (2002). Ryanair—the low fares airline. *G Johnson and K Scholes (2002) Exploring Corporate*.
- Oliveira, J. (2023). An Overview of the European Low-Cost Carrier (LCC) Market: Identifying Sources of Competitive Advantage. *PQDT-Global*.
- Omer, P. (2019). *Introduction to Aircraft Maintenance Programs*. (s. 9-16). APAC.
- Ozdemir, Y. ve Basligil, H. (2016). Aircraft selection using fuzzy ANP and the generalized choquet integral method: The Turkish airlines case. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 31(1), 589-600.
- Ozdemir, Y., Basligil, H. ve Karaca, M. (2011). Aircraft selection using analytic network process: a case for Turkish airlines. In *Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE)* (Vol. 8, pp. 9-13).
- Özkan, T. (2019). Farklılaştırılmış ve düşük maliyetli strateji uygulayan havayolu işletmelerinin müşteri değeri yaratma anlayışlarının incelenmesi. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 2(2), 209-223.
- Paethrangsi, N. (2021). Maximizing revenue in airline industry through air cargo operations. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 244, p. 08019). EDP Sciences.
- Panduwinasari, E., Afandi, A. and Wahyuni, H. (2020). Low Cost Carrier in Airlines: In Terms of Cost Perspective. 1st Annual Management, Business and Economic Conference (AMBEC 2019)'de sunulan bildiri. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ambec-19/125938784>. (Erişim tarihi:17.04.2020)
- Pels, E. (2021). Optimality of the hub-spoke system: A review of the literature, and directions for future research. *Transport Policy*, 104, A1-A10.
- Petrescu, R. V., Aversa, R., Akash, B., Bucinell, R., Apicella, A. and Petrescu, F. I. (2017). History of aviation-a short review. *Journal of Aircraft and Spacecraft Technology*, 1(1).
- Pöschl, F. (2006). The Potential Effects of Market-based Slot Allocation Schemes on Airline Networks in the European Union.

- Prasad, V. S. and Kousalya, P. (2017). Role of consistency in analytic hierarchy process—consistency improvement methods. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(29), 1-5.
- Rajee Olaganathan, D., Miller, M. and Mrusek, B. M. (2020). Managing safety risks in airline maintenance outsourcing. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 7(1), 7.
- Rajendran, S. (2012). *Design of Parametric Winglets and Wing tip devices: A conceptual design approach*. Master Thesis. Linköping: Linköping University, The Institute of Technology.
- Ranasinghe, K., Guan, K., Gardi, A. and Sabatini, R. (2019). Review of advanced low-emission technologies for sustainable aviation. *Energy*, 188, 115945.
- Rezaei, J., Fahim, P. B. and Tavasszy, L. (2014). Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. *Expert systems with applications*, 41(18), 8165-8179.
- Rozenberg, R., Szabo, S. and Sebescakova, I. (2014). Comparison of FSC and LCC and their market share in aviation. *International Review of Aerospace Engineering (IREASE)*, 7(5), 149-154.
- Saaty, T. L. (1989). Group decision making and the AHP. *The analytic hierarchy process: applications and studies*, 59-67.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (1995). Transport planning with multiple criteria: the analytic hierarchy process applications and progress review. *Journal of advanced transportation*, 29(1), 81-126.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (2nd Eddition). New York: Springer.
- Sakthidharan, V. and Sivaraman, S. (2018). Impact of operating cost components on airline efficiency in India: A DEA approach. *Asia Pacific Management Review*, 23(4), 258-267.
- Saleh, P. (2016). *How does Ryan Air's Cost Leadership Strategy Play a Role in the Way Customers Perceive the Level of Service in Relation to Benefits and Price?*. Doctoral Dissertation. England: University of Huddersfield, Management with Marketing.

- Saltoğlu, R., Humaira, N. ve İnalhan, G. (2016). Aircraft scheduled airframe maintenance and downtime integrated cost model. *Advances in operations research*, 2016(1), 2576825.
- Semercioğlu, H. ve Özkoç, H. (2019). Analitik Hiyerarşi Proses ile desteklenmiş sosyal seçim teorisi: Havayollarında uçak seçim süreci. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 20(44), 67-92.
- Shah, D. and Chugan, P. K. (2019). Aircraft Financing and Leasing in India Challenges & Opportunities: An Exploratory Study of Developing Aircraft Financing and Leasing in India. *Business, Economy and Environment: Corporate Perspectives*, Eds. Parag Rijwani, Samik Shome and Deepak Danak, Himalaya Publishing House Pvt. Ltd., Mumbai for Institute of Management, Nirma University, Ahmedabad, 282-290.
- SHGM. (2012). *Sürekli Uçuşa Elverişlilik ve Bakım Sorumluluğu Talimatı (SHT-M)*. Ankara.
- SHGM. (2022). *Sürekli Uçuşa Elverişlilik Yönetimi Talimatı - (SHT-CAM)*. Ankara.
- Shuk-Ching Poon, T. and Waring, P. (2010). The lowest of low-cost carriers: the case of AirAsia. *The International Journal of Human Resource Management*, 21(2), 197-213.
- Souza, J. M. D. and Catalano, F. M. (2018). Multi-disciplinary design optimization of a blended winglet. In *Proceedings*.
- Sun, X., Gollnick, V. and Stumpf, E. (2011). Robustness Consideration in Multi-Criteria Decision Making to an Aircraft Selection Problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18(1-2), 55-64.
- Sun, X., Zheng, C., Wandelt, S. and Zhang, A. (2024). Airline competition: A comprehensive review of recent research. *Journal of the Air Transport Research Society*, 100013.
- Szabo, S., Mako, S., Tobisova, A., Hanak, P. and Pilat, M. (2018). Effect of the load factor on the ticket price. *Transport problems*, 13(3), 41-49.
- Takele, T. (2009). *Maintenance program development and import/export of aircraft in USA*. Bachelor Thesis. Malardalen: Mardelen University, Aeronautical Engineering Department.
- Thakkar, J. J. (2021). Analytic hierarchy process (AHP). In *Multi-Criteria Decision Making* (pp. 33-62). Singapore: Springer Singapore.
- Thompson, I. B. (2002). Air transport liberalisation and the development of third level airports in France. *Journal of transport geography*, 10(4), 273-285.

- Tretheway, M. W. (1989). Frequent flyer programs: Marketing bonanza or anti-competitive tool?. In *Journal of the Transportation Research Forum* (Vol. 30, No. 1, pp. 195-201).
- Tsoukalas, G., Belobaba, P. and Swelbar, W. (2008). Cost convergence in the US airline industry: An analysis of unit costs 1995–2006. *Journal of Air Transport Management*, 14(4), 179-187.
- Vaidya, O. S. and Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, 169(1), 1-29.
- Van der Meer, T. G., Kroon, A. C., Verhoeven, P. and Jonkman, J. (2019). Mediatization and the disproportionate attention to negative news: The case of airplane crashes. *Journalism Studies*, 20(6), 783-803.
- Van Heerden, A. S., Guenov, M. D. and Molina-Cristobal, A. (2019). Evolvability and design reuse in civil jet transport aircraft. *Progress in Aerospace Sciences*, 108, 121-155.
- Van Kessel, P. J., Freeman, F. C. and Santos, B. F. (2023). Airline maintenance task rescheduling in a disruptive environment. *European journal of operational research*, 308(2), 605-621.
- Vega, D. J. G., Pamplona, D. A. and Oliveira, A. V. (2016). Assessing the influence of the scale of operations on maintenance costs in the airline industry. *Journal of transport literature*, 10, 10-14.
- Vidovic, A., Stimac, I. and Vince, D. (2013). Development of business models of low-cost airlines. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 3(1).
- Wandelt, S., Sun, X. and Zhang, A. (2023). Is the aircraft leasing industry on the way to a perfect storm? Finding answers through a literature review and a discussion of challenges. *Journal of Air Transport Management*, 111, 102426.
- Wang, Z. (2023). Study on wing-tip device technology. *Theoretical and Natural Science*, 14(1), 47-51.
- Wanjiku, M. B. (2014). *Strategy Implementation and the Competitive Advantage of Firms in the Airline Industry in Kenya*: University of Nairobi, Department of Business Administration.
- Wibowo, T. A. and Saputra, Y. A. Business Scheme Analysis for Landing Gear Overhaul of Boeing 737-800 NG Between PT. GMF Aero Asia and PT. Garuda Indonesia.
- Wild, G. (2023). Airbus A32x versus Boeing 737 safety occurrences. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 38(8), 4-12.
- Wilner, G., Davison, H., Hunnicutt, C., Meskill, T. D., Shipley, D., De Schutter, B., Grunow, J.O, Holler, L., Bailey, R., Kiser, J., Mendes de Leon, P., Moloney, J.M., Jensen, D.M., Bekebrede, G., Maillett, L. , Augustin, J., Dempsey, P., Donald,

- R., Jasinski, P.C., Gordon, G., Sorensen, F., Erkelens, C., Bluth, P., Cohn, R., Klees, P. and Diaz, M. (2003). No. 3-The Trans-Atlantic Relationship--Aviation Policy: Clearing the Way to a More Open Market.
- Wilson, D. (1983). Airworthiness Directives: Recovering the Cost of Compliance. *J. Air L. & Com.*, 49, 1.
- Yeh, C. H. and Chang, Y. H. (2009). Modeling subjective evaluation for fuzzy group multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 464-473.
- Yilmaz, S. (2006). *Uçak seçim kriterlerinin değerlendirilmesinde AHP ve bulanık AHP uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yonggang, W. and Honglang, L. (2011). Summary and analysis of the aging aircrafts' failure. *Procedia Engineering*, 17, 303-309.
- Zgodavova, Z., Rozenberg, R. and Szabo, S. (2018, August). Analysis of Point-to-Point versus Hub-and-Spoke airline networks. In *2018 XIII International Scientific Conference-New Trends in Aviation Development (NTAD)* (pp. 158-163). IEEE.
- Zhou, W. (2024). *Competition and development in the aviation industry: An analysis of strategic adaptability and challenges*. Bachelor Thesis. Pasila: Haaga-Helia University of Applied Sciences, Aviation Bussines.
- Zou, B., Elke, M. and Hansen, M. (2012). Evaluating air carrier fuel efficiency and CO2 emissions in the US airline industry. *The National Center of Excellence for Aviation Operations Research, Berkeley*.
- Zou, L., Yu, C. and Dresner, M. (2015). Fleet standardisation and airline performance. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 49(1), 149-166.
- http-1:<https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/addressing-continued-turbulence-the-commercial-aerospace-supply-chain>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-2: <https://www.gao.gov/products/gao-24-106493>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-3:<https://sassofia.com/blog/financial-impact-of-contractual-clauses-in-aviation-agreements/>.(Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-4:<https://corporate.ryanair.com/about-us/our-fleet/>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-5:<https://www.flightradar24.com/blog/aviation-news/airline-news/the-southwest-airlines-fleet-in-2024/>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-6:<https://www.airfleets.net/flottecie/Southwest%20Airlines.htm>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-7:<https://www.cfmaeroengines.com/leap>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)

- http-8:<https://www.safran-group.com/products-services/leap-1a-new-generation-engine-single-aisle-commercial-jets>. (Erişim tarihi: 22.05.2015)
- http-9:<https://www.cfmaeroengines.com/cfm56>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-10:<https://www.prattwhitney.com/en/products/commercial-engines/v2500>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-11:<https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320-family/a320neo>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-12:<https://www.prattwhitney.com/en/newsroom/multimedia/gtf-engine>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-13:<https://www.safran-group.com/products-services/leap-1b-new-generation-engine-single-aisle-commercial-jets>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-14:<https://www.flypgs.com/en/pegasus-baggage-allowance>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-15:<https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/unveiling-the-biggest-airline-costs/#:~:text=Aircraft%20fuel%20and%20oil%20account,salaries%20and%20expenses%20at%208.6%25>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-16: https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2010/t_5.html. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-17:<https://www.aviationpartners.com/aircraft-winglets/types-blended-winglets/>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-18:<https://www.boeing.com/content/theboeingcompany/us/en/commercial.html#orders-deliveries>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-19:<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/faa-warns-boeing-profitability-stake-if-they-do-not-improve-2024-09-25/>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-20:<https://edition.cnn.com/travel/boeing-737-max-passenger-boycott/index.html>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-21:<https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-39>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-22:<https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-43>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-23:<https://anabilgi.anadolu.edu.tr/?contentId=21693>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)
- http-24:https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/continued_operation/ad. (Erişim tarihi: 21.06.2015)

http-25: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/14/part-39>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)

http-26: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/aircraft-products/airworthiness-directives-ad#>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)

http-27: https://applications.icao.int/postalhistory/annex_13_aircraft_accident_and_incident_investigation.html. (Erişim tarihi: 21.06.2015)

http-28: <https://boeing.mediaroom.com/2012-05-02-Boeing-Designs-Advanced-Technology-Winglet-for-737-MAX>. (Erişim tarihi: 21.06.2015)



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO : 0009-0009-2049-9498

Ad Soyad : Hatice YÜCEL

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2008-2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği
- 2020-2022, Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı, Havacılık Yönetim Tezsiz Yüksek Lisans
- 2013-2018, Pegasus Havayolları Kıdemli Uçak Sistemleri Mühendisi
- 2018-2022, SunExpress Havayolları Teknik Operasyon Mühendisliği Baş Mühendisi
- 2023-..., Boeing, Uçak Sistemleri Baş Mühendisi

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2013, Makina Mühendisleri Odası