

JAV

e-ISSN: 2587-1676

Istanbul
3th Airport



JOURNAL
OF AVIATION

Volume 2 - Issue 2

December 2018

dergipark.gov.tr/jav

www.javsci.com

Editör/Editor

Doç. Dr. Vedat Veli Çay (Dicle Üniversitesi)

Alan Editörleri / Section Editors

Prof. Dr. Mustafa Taşkın (Mersin Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Osman Dursun (Fırat Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Bahri Baran Koçak (Dicle Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Er (Fırat Üniversitesi)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Mohd Razif İdris (Kuala Lumpur University, Malaysian)
Prof. Dr. Simone Sarmento (Federal Do Rio Grab De Unv. Brazil)
Prof. Dr. Faruk Aras (Kocaeli University, Turkey)
Prof. Dr. Sermin Ozan (Fırat University, Turkey)
Prof. Dr. Mustafa Sabri Gök (Bartın University, Turkey)
Prof. Dr. Ahmet Topuz (Yıldız Technical University, Turkey)
Prof. Dr. Mustafa Boz (Karabük University, Turkey)
Prof. Dr. Nicolas Avdelidis, (Universite Laval, Canada)
Prof. Dr. Tarcisio Saurin (Federal do Rio Grande do Sul Unv. Brazil)
Doç. Dr. Matilde Scaramucci (Estadual Campinas Unv., SP, Brazil)

Doç. Dr. Özlem Atalık (Anadolu University, Turkey)
Doç. Dr. Önder Altuntaş (Anadolu University, Turkey)
Doç. Dr. Ferhan Kuyucak Şengür (Anadolu University, Turkey)
Doç. Dr. Uğur Soy (Sakarya University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Haşim Kafalı (Muğla University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Fatih Koçyiğit (Dicle University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Yeniad (Yıldırım Beyazıt University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Tolga Tüzün İnan (Gelişim University, Turkey)
Dr. Öğr. Üyesi Bahri Baran Koçak (Dicle University, Turkey)
Dr. Hikmat Asadov (Azerbaijan National Aerospace Agency)

Bu Sayının Hakemleri / Reviewers of This Issue

Doç. Dr. Engin Kanbur (Kastamonu Üniversitesi)
Doç. Dr. Hakkı Aktaş (İstanbul Üniversitesi)
Doç. Dr. Önder Altuntaş (Anadolu Üniversitesi)
Doç. Dr. Rüstem Barış Yeşilay (Ege Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Abid Ustaoglu (Bartın Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ali Emre Sarılgan (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Bahri Baran Koçak (Dicle Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Devrim Gün (Bilgi Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Fırat Şal (Gümüşhane Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Gökdeniz Kalkın (Muğla Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Suat Uslu (Anadolu Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Erbil Özyörük (Türk Hava Kurumu Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Pamukçu (Kastamonu Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Kasım Kiracı (İskenderun Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi M. Kadri Akyüz (Dicle Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Baykara (Fırat Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Sezer Çoban (İskenderun Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Uğur Turhan (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Çağlar Karamaşa (Anadolu Üniversitesi)
Dr. Hüseyin Erdoğan (Dicle Üniversitesi)
Dr. İnci Polat Sesliokuyucu (Gaziantep Üniversitesi)
Dr. Suat Toraman (Fırat Üniversitesi)

Dizinler ve Platformlar/Abstracting & Indexing

 Google Scholar	 Index Copernicus	 ASOS Index	 Scientific Indexing Services
 DRJI	 International Scientific Indexing	 COSMOS IF	 Bielefeld Academic Search Engine (BASE)
 Journal Factor	 JIFACTOR	 i2or	 Rootindexing
 Science Library Index	 Academic Keys	 Eurasian Scientific Journal Index	 CrossRef

İletişim / Contact

<http://dergipark.gov.tr/jav> - www.javsci.com
journalofaviation@gmail.com - info@javsci.com
ISSN: 2587-1676

İçindekiler/Contents

Araştırma Makalesi / Research Article

Derin Öğrenme ile İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Yaya Tespiti <i>Pedestrian Detection with Deep Learning from Unmanned Aerial Imagery</i> Suat TORAMAN	64-69
Simultaneous Design of a Small UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Flight Control System and Lateral State Space Model Sezer ÇOBAN, Tuğrul OKTAY	70-76
Effectiveness of Twist Morphing Wing on Aerodynamic Performance and Control of an Aircraft Erdoğan KAYGAN, Ceren ULUSOY	77-86
Havacılık Sektöründe Yabani Hayatı Yönetim Üzerine Hamid Karzai Uluslararası Havalimanında (Kabil-Afganistan) Bir Araştırma <i>A Research on Wildlife Management in Aviation in Hamid Karzai International Airport (Kabul-Afghanistan)</i> Ramazan ÇOBAN, İsmail BAHAR	87-104
Analysis of Internal/External Factors Affecting Time Management and The Reasons of Delay in Aviation Savaş S. ATEŞ, Haşim KAFALI, Meryem ÇELİKTAŞ	105-118
The Effects of The Airline Business Models to The Airline Industry Tolga Tüzün İNAN	119-124
Hava Hukukunun Kapsamı ve Terminolojisi <i>Scope and Terminology of Air Law</i> Eser GEMİCİ, Mehmet YEŞİLLER	125-140
Derleme Makalesi / Review Article	
Türkiye’de Havayolu Rekabeti Üzerine Yazılmış Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi <i>Analyzing Postgraduate Theses Written on Airline Competition in Turkey</i> Hüseyin Önder ALDEMİR, Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR	141-155
İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi’nin (HFACS) Literatürde Yaygın Kullanımının Değerlendirilmesi <i>Evaluation of the Widespread Use of Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) in Literature</i> Kadir DÖNMEZ, Suat USLU	156-176
Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) According to Engine Type Sezer ÇOBAN, Tuğrul OKTAY	177-184
Fatigue in The Aviation: An Overview of The Measurements and Countermeasures Zeynep GÖKER	185-194



Geliş/Received : 04.08.2018 & Kabul/Accepted : 31.10.2018 & Yayınlanma/Published (online) : 23.12.2018

Derin Öğrenme ile İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Yaya Tespiti

Suat TORAMAN

Fırat Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Elazığ, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen görüntüler kullanılarak yaya tespitine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bunun için, elde edilen İHA görüntülerinden, derin öğrenme yöntemi yardımıyla özellik çıkarımı yapılmıştır. İHA'lerden alınan görüntülerin işlenmesinde karşılaşılan zorluklardan biride, büyük veri kümelerinin sınıflandırmasıdır. Bu çalışmada, bu zorluğun üstesinden gelmek için Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) kullanılmıştır. Bir diğer zorluk ise bazı veri türlerinin azlığından dolayı kaliteli bir eğitim sürecinin gerçekleştirilememesidir. Bu nedenle, eğitimin etkinliğini artırabilmek için resim çoğaltma yöntemi uygulanmıştır. Önerilen yöntem ile İHA'dan elde edilen yaya, bisikletli, araba, ağaç ve sokak lambası resimleri istenen boyutlarda ayarlanarak ESA modellerinden AlexNet ve VGG16'ya giriş verisi olarak verilerek özellik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Çıkarılan özellikler Destek Vektör Makinesi (DVM) ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi sayesinde hem yaya ile diğer öğelerin ayrımı gerçekleştirilirken hem de AlexNet ile VGG16'nın performansları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yaya bulma, İHA, Evrişimsel sinir ağları, Sınıflandırma

Pedestrian Detection with Deep Learning from Unmanned Aerial Imagery

Abstract

In this study, an application for pedestrian detection was carried out using images obtained from Unmanned Aerial Vehicles (UAV). For this purpose, the feature extraction was performed from the UAV imagery by using the deep learning method. One of the challenges encountered in processing images from UAV is the classification of large datasets. In this study, Convolution Neural Networks (CNN) have been used to overcome this challenge. Another difficulty is that a quality training process can not be achieved due to the lack of some data types. For this reason, image augmentation has been applied to increase the efficiency of education. With the proposed method, images of pedestrians, bicycles, cars, trees and street lamps obtained from the UAV were adjusted to the required dimensions. Then, these images were given as input data to AlexNet and VGG16, and feature extraction was performed. The extracted features were classified by Support Vector Machine (SVM). With the classification process, while both pedestrian detection was carried out and the performances of AlexNet and VGG16 were compared.

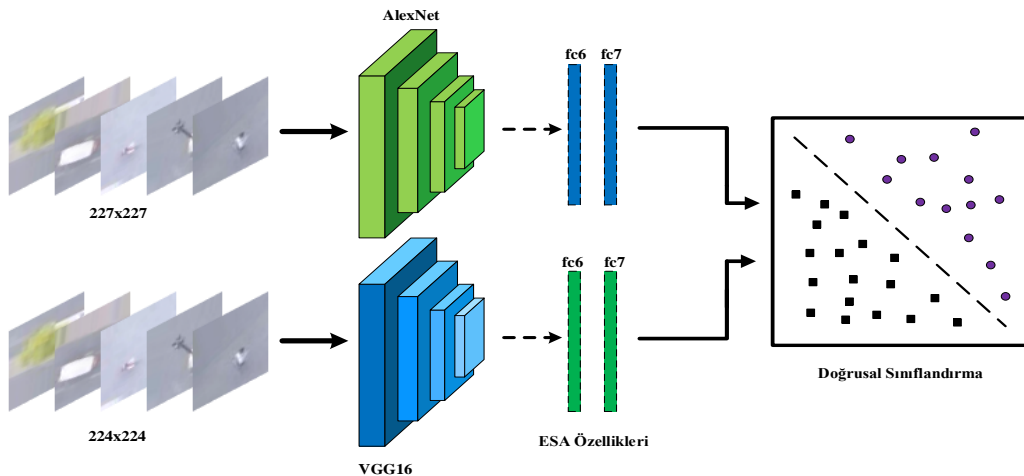
Keywords: Pedestrian detection, UAV, Convolutional neural networks, Classification

1. Giriş

Karışık, yoğun ortamlarda, hareketli nesnelere veya hareketli platformlarda nesne belirleme, nesne takibi gibi konular hala önemli zorluklar içermektedir. Son zamanlarda İHA'lar ve otonom araç sistemlerine olan ilginin artmasıyla bu alandaki çalışmalarda oldukça fazlaşmıştır. Özellikle gerçek zamanlı nesne takibi ve sınıflandırılması gibi konularda derin öğrenmenin başarılı olması bu ilginin derin öğrenme tarafına doğru artmasındaki etkenlerdendir. Ayrıca son birkaç yıl içinde, derin ESA'ların yüksek doğruluk ve hızları, onların nesne tespiti ve nesnelerin sınıflandırılması gibi uygulamalar için oldukça başarılı yaklaşımlar olduğu gösterilmiştir [1,2]. Fakat donanımsal anlamda GPU'ların derin öğrenmede çok büyük etkileri olmasına rağmen gerçek görüntü işleme uygulamasını her alanda uygulamak kolay değildir. İHA'lardan alınan büyük ölçekli görüntülerin işlenmesi için çeşitli çevrim dışı sistemler kullanılmaktadır. Ekin sınıflandırma, tütün belirleme, ağaç sayma ve sınıflandırma gibi uygulamalar örnek olarak verilebilir [3–6]. İHA'lar sadece görüntünün işlenmesi amaç ile de kullanılmamaktadır. Bunun dışında arama kurtarma, trafik akışını denetleme, kişi takibi gibi görüntü aktarım işlerinde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır [7–10].

Bu çalışmada, son zamanlarda yapılan uygulamalarda yoğun bir şekilde kullanılan derin öğrenme modellerinden olan AlexNet ve VGG16 kullanılmıştır. Bu modeller, farklı çalışma gruplarının geliştirdiği ESA modelleridir. 2012

yılındaki ImageNet yarışmasını kazanan, milyonlarca resim ile eğitilmiş AlexNet, ile 2014 yılındaki yarışmada ikinci olan VGG16, 1000 farklı sınıflandırma yapacak şekilde tasarlanmış ESA modelleridir [11, 12]. Sınıflandırma yapılacak her uygulamada veya tasarlanacak her modelde milyonlarca veri setini elde etmek veya bu kadar büyük bir veri kümesini işlemek mümkün olmayabilir. Bu durumda önceden eğitilmiş bir modeli kullanmak daha uygun olacaktır. Bu durumu ifade eden yapıya ise Transfer Öğrenme denilmektedir [13]. Oluşturulan ağı eğitilmesi için yeteri veri yoksa önceden eğitilmiş ESA'ları kullanarak veri kümesinden özellik vektörü çıkarılabilir. Bu çalışmada da, önceden eğitilmiş ESA modellerinden olan AlexNet ve VGG16 mimarisi kullanılarak, İHA'lardan elde edilen görüntülerin sınıflandırıldığı bir yöntem önerilmiştir. İHA görüntüleri AlexNet ve VGG16 mimarisine uygun boyuta dönüştürülmüş ve daha sonra resim çoğaltma işlemi ile veri kümesi arttırılmıştır. AlexNet ve VGG16'ya giriş olarak verilen resimlerden 4096 boyutlu özellik vektörleri elde edilmiştir. Elde edilen özellik vektörleri ayrı ayrı DVM ile sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın amacı, İHA görüntülerini kullanarak transfer öğrenme yöntemi yardımıyla, yaya tanıma uygulaması gerçekleştirmek ve kullanılan ESA modellerinin performanslarını karşılaştırmaktır. Ayrıca bu çalışmanın diğer bir amacı, transfer öğrenme yönteminin ve resim çoğaltma işleminin nesne tanımadaki etkinliğini incelemektir. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın akış diyagramı

2. Materyal Metot

Veri seti oluşturmak için Stanford Üniversitesi drone veri setinden alınan video görüntüleri kullanılmıştır. Video görüntüleri Stanford Üniversitesi kampüsündeki belirli noktalarda ve belirli sürelerde alınan görüntüleri kapsamaktadır [14, 15]. Çalışmada ise, bu video görüntülerinden belirli nesnelerin resimleri alınmıştır. Alınan resimler yaya, bisikletli, araba, ağaç ve sokak lambalarından oluşmaktadır. Her bir resim kümesi

için belirli sayıda örnek alınmıştır. Derin öğrenmede kaliteli bir eğitim için çok sayıda veri kullanımı oldukça önemlidir. Bu nedenle, veri çoğaltma işlemi ile eğitim veri seti artırılmıştır. Böylece her bir gruptan yaklaşık 408 resim elde edilecek şekilde bir resim çoğaltma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 2040 resimden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Video görüntülerinden elde edilen ve resim çoğaltma işlemi uygulanan resim örnekleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Resim çoğaltma ile elde edilen resim örnekleri (yukarıdan aşağı; ağaç, araba, sokak lambası, bisikletli, yaya)

2.1. Önceden eğitilmiş ESA Modeli ile Özellik Çıkarma ve Sınıflandırma

Milyonlarca resim kullanılarak eğitilmiş çeşitli derin öğrenme modelleri bulunmaktadır. GoogleNet, VGG, AlexNet, ResNet bunlara verilebilecek örneklerden bazılarıdır. Bu derin öğrenme yöntemlerinin her biri farklı model kullanarak eğitim işlemi gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada kullanılan derin öğrenme modelleri AlexNet ve VGG16’dır. AlexNet, bir milyondan fazla resim kullanılarak eğitilmiş bir modeldir. Ayrıca bu model ile resimler 1000 farklı kategoriye ayrılabilir. AlexNet, 8 katmanlı bir yapıdan

oluşan bir model sunmaktadır. AlexNet modelinde beş konvolüsyon katmanı (convolution layer) ve 3 tam bağlı katman (fully connected layer) bulunmaktadır. Konvolüsyon katmanlarında farklı çekirdek boyutları (11x11, 5x5, 3x3) kullanılmaktadır. Konvolüsyon katmanlarından sonra maksimum havuz katmanları (max-pooling layer) yer almaktadır [11]. VGG16 modeli de milyonlarca resim ile eğitilmiştir. AlexNet gibi 1000 farklı sınıfı ayırtabilir. VGG16’da 5 konvolüsyon katmanına sahiptir. Fakat VGG16’da, AlexNet gibi değişken çekirdek boyutları yerine sabit 3x3’lük yapı kullanılmıştır [12]. Her iki modelde

özellik çıkarımı için fc6 ve fc7 katmanları kullanılmıştır. Her bir resim fc6 ve fc7 katmanlarının çıkışı olan 4096 boyutunda bir özellik vektörü ile temsil edilmektedir [16]. Sınıflandırma işlemi için bir makine öğrenme algoritması olan ve risk minimizasyonu mantığı ile çalışan Destek Vektör Makinesi ile iki sınıflı bir kümeyi ayırabilecek en uygun düzlemin bulunması hedeflenmektedir [17]. Bu amaçla, Liblinear kütüphaneli DVM sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Homojen haritalama özelliğine sahip Liblinear kütüphaneli DVM sınıflandırıcısı kullanılması nedeniyle, küçük miktarlardaki eğitim verisi için etkili bir sınıflandırma gerçekleştirebilmesi söylenebilir [18, 19]. Liblinear kütüphaneli DVM'nin parametrelerinden C [$10^{-4}, \dots, 10^3$] aralığında incelenmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

Intel Core i5-4200 CPU ve 8 GB bellek sahip bilgisayar ile yapılan uygulamadaki işlemler için MATLAB kullanılmıştır. Resimlerin AlexNet'e giriş olarak verilebilmesi için 227x227, VGG16'ya giriş olarak verilebilmesi için 224x224 boyutlu hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Yeniden boyutlandırılan veri kümesindeki her bir resimden AlexNet ve VGG16 modelinin fc6- fc7 katman çıkışından derin spektrum özellikleri elde edilmiştir. Fc6 ve fc7 katmanları çıkış olarak 4096 boyutlu bir özellik vektörü üretmektedir. Üretilen özellik vektörleri DVM sınıflandırıcısı ile sınıflandırılmıştır. Tablo 1'de görüldüğü gibi AlexNet'te fc6 ile %99.78, fc7 ile %99.84 doğruluk elde edilirken, VGG16'da fc6 ile %99.88, fc7 ile %99.78 oranında sınıflama doğruluğu elde edilmiştir. Fc6 ve fc7 katmanlarının çıkışından elde edilen doğrulukların benzer olması, özellik çıkarımının önceki katmanlarda etkili bir şekilde yapıldığını göstermektedir. AlexNet ile VGG16 modelleri arasında oluşan küçük fark ise gerçekleştirilen eğitim süreci ile açıklanabilir. Ayrıca derin özellik vektörlerinin DVM ile sınıflandırılması öncesinde veri seti çapraz doğrulama yöntemi ile 4 eşit parçaya bölünmüştür. Çapraz doğrulama öncesi veri seçimi rastgele yapılmıştır. Bu işlem 10 kez uygulanmıştır. Tablo 1'deki değerler, 10 kez tekrarlanan sınıflandırma işleminin ortalama değerlerini göstermektedir.

Tablo 1. AlexNet ve VGG16 ESA modellerinin yaya tespiti sınıflandırma sonuçları

ESA modeli	Fc6 (Ort. Doğruluk+ Std)	Fc7 (Ort. Doğruluk + Std)
AlexNet	%99.78 ± 0.234	%99.84 ± 0.241
VGG16	%99.88 ± 0.189	%99.78 ± 0.171

Masanori ve ark yaptığı çalışmada [20], ağaç türlerini sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir. İHA'dan alınan görüntüleri GoogleNet mimarisini kullanarak bir ayırım işlemi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada da transfer öğrenme yönteminden faydalanılmıştır. Sonuç olarak 7 ağaç türünü ortalama %89 ile sınıflandırmışlardır. Diğer birçok çalışmada [10, 21–25], genellikle gerçek zamanlı görüntüler veya yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri sınıflandırılmaktadır. Bu işlemlerde çoğunlukla hızlı ve etkili bir eğitim gerçekleştirmek için GPU destekli donanım kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada, CPU destekli bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu durum derin öğrenme gibi büyük veri kümeleri ile yapılan işlemlerde hız ve işlem zamanı noktasında oldukça önemlidir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, İHA'lardan elde edilen çeşitli görüntülerden yayaların belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma;

- Video görüntülerinden yaya, bisikletli, ağaç, araba ve sokak lambası resimlerinin elde edilmesi
- Elde edilen resimlerin giriş vektörü olarak AlexNet ve VGG16'ya uygun hale getirilmesi için yeniden boyutlandırması
- Yeniden boyutlandırılan resimlerin resim çoğaltma yöntemi ile artırılması
- Çoğaltılan resimlerin AlexNet ve VGG16 ile özellik vektörlerinin elde edilmesi
- Son olarak özellik vektörlerinin DVM sınıflandırıcısı ile sınıflandırılması aşamalarından oluşmaktadır.

Ayrıca çalışma ile farklı ESA modellerinin performansları karşılaştırılmış ve transfer öğrenmenin farklı türdeki verileri ayırt edebilmedeki yeteneği gösterilmiştir. Çalışmada uygulanan diğer bir yöntem ise resim çoğaltmadır.

Eğitim verisinin yeterli olmadığı durumlarda kullanılabilir faydalı bir özellik olduğu vurgulanmıştır. İleri dönük olarak yapılacak çalışmalarda, farklı ESA modellerinin incelenmesi ve karşılaştırması düşünülmektedir. Ayrıca, daha fazla işlem gücüne sahip donanım alt yapısı ile büyük ve karmaşık veri setleri kullanılarak mevcut çalışmadaki sınırlılıkların giderilmesi ve farklı gerçek zamanlı (yaya takibi, bisikletli takibi, nesne sınıflandırma) uygulamalarında yapılması planlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Radovic M, Adarkwa O, Wang Q (2017) Object Recognition in Aerial Images Using Convolutional Neural Networks. *J Imaging* 3:21
- [2] Li, L., Fan, Y., Huang, X., & Tian L (2016) Real-time UAV weed scout for selective weed control by adaptive robust control and machine learning algorithm. *Am Soc Agric Biol Eng Annu Int Meet ASABE*
- [3] Hung C, Xu Z, Sukkarieh S (2014) Feature learning based approach for weed classification using high resolution aerial images from a digital camera mounted on a UAV. *Remote Sens* 6:12037–12054
- [4] Zarjam P, Epps J, Chen F, Lovell NH (2013) Estimating cognitive workload using wavelet entropy-based features during an arithmetic task. *Comput Biol Med* 43:2186–1295
- [5] Chen SW, Shivakumar SS, Dcunha S, et al (2017) Counting Apples and Oranges With Deep Learning: A Data-Driven Approach. *IEEE Robot Autom Lett* 2:781–788
- [6] Li W, Fu H, Yu L, Cracknell A (2016) Deep Learning Based Oil Palm Tree Detection and Counting for High-Resolution Remote Sensing Images. *Remote Sens* 9:22
- [7] Kim NV, Chervonenkis MA (2015) Situation control of unmanned aerial vehicles for road traffic monitoring. *Mod Appl Sci* 9:1–13
- [8] Bejiga MB, Zeggada A, Nouffidj A, Melgani F (2017) A convolutional neural network approach for assisting avalanche search and rescue operations with UAV imagery. *Remote Sens* 9:
- [9] Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J (2011) Tracking-Learning-Detection. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 34:1409–1422
- [10] De Smedt F, Hulens D, Goedeme T (2015) On-board real-time tracking of pedestrians on a UAV. *IEEE Comput Soc Conf Comput Vis Pattern Recognit Work* 2015–Octob:1–8
- [11] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE (2012) ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Adv Neural Inf Process Syst* 1–9
- [12] Simonyan K, Zisserman A (2014) Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. 1–14
- [13] Kaya A, Keçeli AS, Can AB Akciğer nodül özelliklerinin tahmininde çeşitli sınıflama stratejilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mimar Mühendislik Fakültesi Derg* (2018), <https://doi.org/10.17341/gazimmfd416530>
- [14] A. Robicquet, A. Sadeghian, A. Alahi SS (2016) Learning Social Etiquette: Human Trajectory Prediction In Crowded Scenes. In: *European Conference on Computer Vision (ECCV)*
- [15] (2016) Stanford Drone Dataset. http://cvgl.stanford.edu/projects/uav_data/. Accessed 20 Jul 2018
- [16] Zhou Y, Nejati H, Do T-T, et al (2016) Image-based Vehicle Analysis using Deep Neural Network: A Systematic Study
- [17] Khazae A, Ebrahimzadeh A (2010) Classification of electrocardiogram signals with support vector machines and genetic algorithms using power spectral features. *Biomed Signal Process Control* 5:252–263
- [18] Vedaldi A, Zisserman A (2010) Efficient Additive Kernels via Explicit Feature Maps. *Proc {CVPR}* 34:480–492
- [19] Fan R-E, Chang K-W, Hsieh C-J, et al (2008) LIBLINEAR: A Library for Large Linear Classification. *J Mach Learn Res* 9:1871–1874
- [20] Onishi M, Ise T (2018) Automatic classification of trees using a UAV onboard camera and deep learning

- [21] Sheppard C, Rahnemoonfar M Real - time Scene Understanding for UAV Imagery based on Deep Convolutional Neural Networks. 5–8
- [22] Aguilar WG, Luna MA, Moya JF, et al (2017) Pedestrian Detection for UAVs Using Cascade Classifiers with Meanshift. Proc - IEEE 11th Int Conf Semant Comput ICSC 2017 509–514
- [23] Ma Y, Wu X, Yu G, et al (2016) Pedestrian Detection and Tracking from Low-Resolution Unmanned Aerial Vehicle Thermal Imagery. Sensors 16:446
- [24] Xu Y, Yu G, Wang Y, et al (2017) Car detection from low-altitude UAV imagery with the faster R-CNN. J Adv Transp 2017:
- [25] Ammour N, Alhichri H, Bazi Y, et al (2017) Deep learning approach for car detection in UAV imagery. Remote Sens 9:



Simultaneous Design of a Small UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Flight Control System and Lateral State Space Model

Sezer ÇOBAN^{1*}, Tuğrul OKTAY²

¹ College of Aviation, Iskenderun Technical University, Iskenderun, Turkey

² Department of Aeronautical Engineering, Erciyes University, Kayseri, Turkey

Abstract

In this study, the design of a small unmanned aerial vehicle (UAV) and the real-time application of the flight control system and lateral state-space model were investigated. For this purpose, an UAV production was carried out, which was assembled from different locations at certain intervals to the wing and tail set body and moved back and forth before the flight. An autopilot was then used which allowed the change of P, I, D values between 1 and 100. First of all, we obtained a lateral state space model of the UAV and obtained a simulation model of Unmanned Aerial Vehicle. At the same time, the block diagram of the autopilot system was extracted and modeled in MATLAB / Simulink environment. Afterwards, SPSA developed a cost function consisting of ascent, seating time and maximum overrun, and the Unmanned Aircraft and autopilot system were redesigned simultaneously to minimize this cost function. High performance is easily observed in simulation responses and real flights.

Keywords: Simultaneous design, Autonomous performance

1. Introduction

The UAV, which we produce to improve the flight performance, is produced using simultaneous unmanned aerial vehicle and autopilot system design. The ailerons on the UAV wings have a direction rudder connected to the vertical stabilizer and the vertical rudder due to the horizontal stabilizer.

However, the UAV has an engine that will provide the energy of a propeller and propeller system used to produce propulsion. Various sensor packages, which are the auxiliary elements of our autopilot system, are available in our UAV.

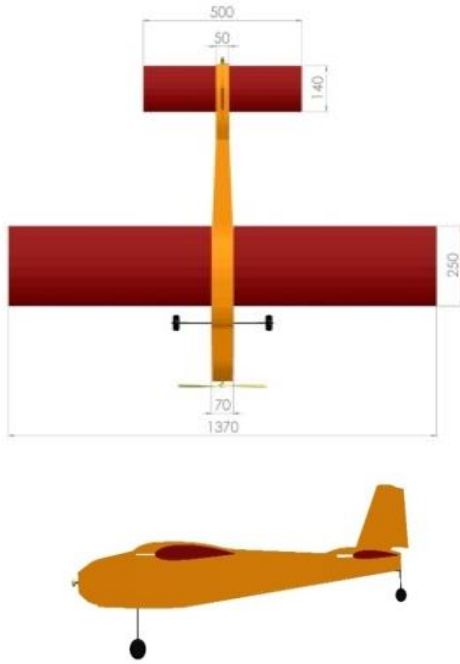


Figure 1. Wing Motion Mechanisms of UAV

In order to perform any dynamic modeling of any aircraft or any UAV, the equations of the aircraft body must first be obtained. These equations can be classified into three groups. These equations are the force equations of the body, the moment equations and kinematic equations. Newton's second law was used in the literature to extract the force equations. Equation (1) provides this law:

$${}^I \vec{F} = M_a \frac{d\vec{V}_{cg}}{dt} = M_a \left[\frac{\partial \vec{V}_{cg}}{\partial t} + \vec{\omega} \otimes \vec{V}_{cg} \right] \quad (1)$$

The components of the force on three axes (x, y, z) are expressed in terms of the weight of the aircraft, linear accelerations ($\dot{u}, \dot{v}, \dot{w}$), linear velocities (u, v, w), angular velocities (p, q, r) and Euler orientation angles (ϕ_A, θ_A) [1,2].

State and control variables of the linearized model in Table 1 are summarized. As seen, the state vector has 9 variables and the control vector has 4 variables.

Compared to the general approach mentioned above, dynamic modeling of fixed-wing aircraft has been widely used in the literature. In fixed-wing aircraft, there is very little relationship between

longitudinal movement dynamics and lateral movement dynamics and this relationship is negligible. In addition, the movement of the vertical axis has little effect on aircraft dynamics [3,4]. Therefore, longitudinal and lateral movement can be examined independently of each other.

Table1. State and Control Variables of Linearized Models

Durum Değişkeni	Nicelik	Kontrol Değişkeni	Nicelik
x_1	u	u_1	δ_e
x_2	v	u_2	δ_T
x_3	w	u_3	δ_a
x_4	p	u_4	δ_r
x_5	q		
x_6	r		
x_7	ϕ_A		
x_8	θ_A		
x_9	ψ_A		

2. State Space Model, Controller And SPSA Optimization Method

In Equation (2) the Lateral State Space Model of our UAV is given:

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{v} \\ \Delta \dot{p} \\ \Delta \dot{r} \\ \Delta \dot{\Phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_v & Y_p & -(u_0 - Y_r) & g \cos \theta_0 \\ L_v & L_p & L_r & 0 \\ N_v & N_p & N_r & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v \\ \Delta p \\ \Delta r \\ \Delta \Phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & Y_{\delta_r} \\ N_{\delta_a} & L_{\delta_r} \\ N_{\delta_a} & N_{\delta_r} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_a \\ \Delta \delta_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

Our P-I-D based autopilot system is shown in Figure 2. Six P-I-D controllers were used to control the distance between the designated distances.

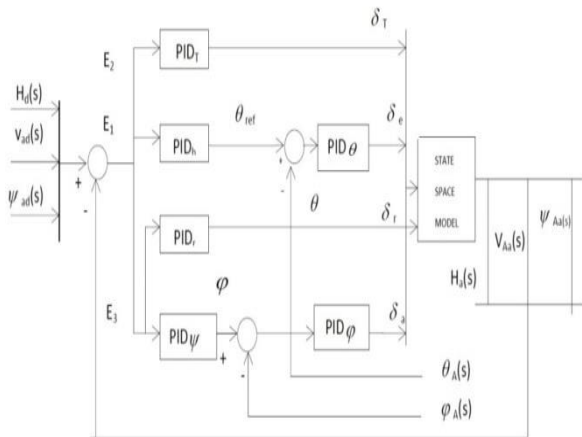


Figure 2. Hierarchical Detailed Autopilot Structure of the UAV

Aerodynamic forces acting on an UAV body placed experimentally in the wind tunnel can be obtained with a force measurement system. However, it is quite costly to make the calculation of these forces by examining each body shape in a separate wind tunnel. In addition, it is not possible to calculate analytically due to the nonlinear complex components contained in the aerodynamic forces. For this reason, stochastic estimation methods are used.

Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation (SPSA) is one of the methods based on random estimation [5]. In many studies, it has been shown that SPSA provides better results compared to optimization algorithms such as genetic and heat treatment, which have higher computational costs than SPSA [6]. In addition, SPSA provides very successful results for limited optimization problems. Another feature of SPSA is that it contains a natural randomness because it is an estimation method. Thus, SPSA can find the best solution in a few steps without being attached to a specific local point [7].

We used an adjustable autopilot using flight observations and our autopilot system has a classic autopilot structure. There are three layers for the

hierarchical control structure and are divided into outer loop, middle loop and inner loop which was showed in figure 3 .

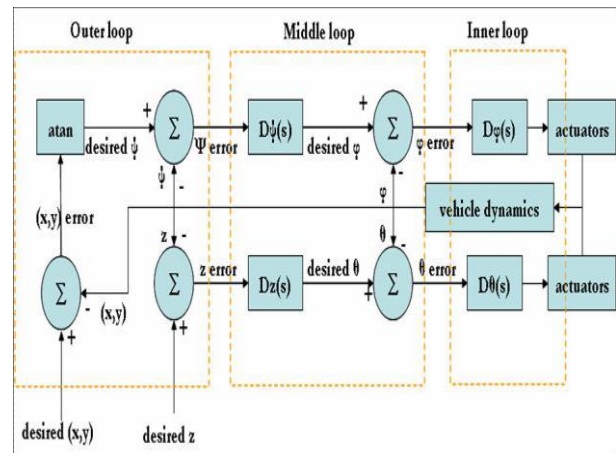


Figure 3. Control Structure of Autopilot System

3. Structural Analysis of The UAV

ANSYS finite software elements were used in structural analysis of UAV. The analyzes were performed by a 16-processor workstation with a speed of 2.5 Ghz and 32 GB of RAM.

For modeling, 20 mesh 3D elements were used and experimental conditions were determined as much as possible. Figure 3 shows the deviation of the UAV on the wing. The deviation increases as the wings reach the tip and reaches the highest value when the end of the wing is reached. Figure 4 shows the Von Mises stress values on the wing of the UAV. Von Mises stress values change according to the change in bending resistance across the canteen. As a result, the largest Von Mises stress value is found at the root of the wing. The best place for carbon tubes is where the voltage produced by the foam and carbon tubes is below the maximum voltage value.

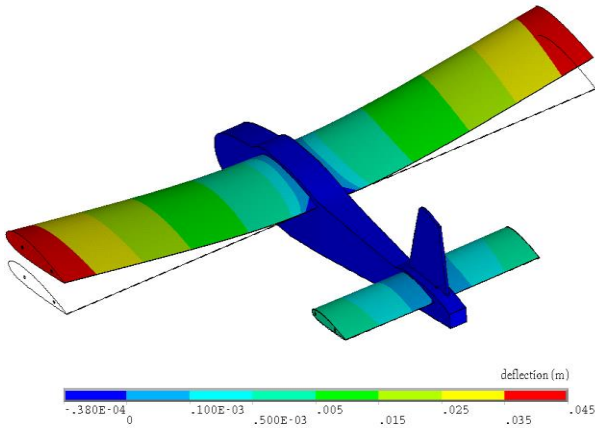


Figure 3. Deviation Results of the UAV (For a Velocity of 60 km / h)

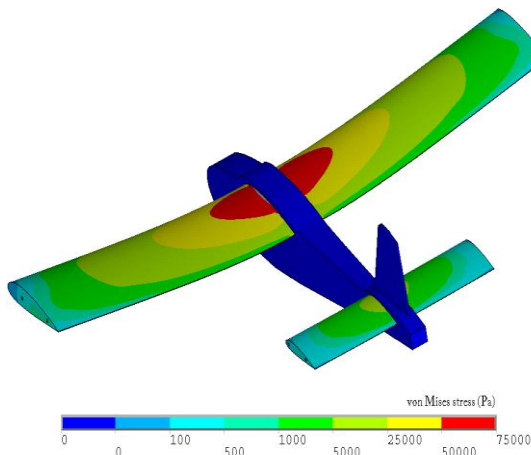


Figure 4. Von Mises Stress Results (60 km / h) [12]

4. Results

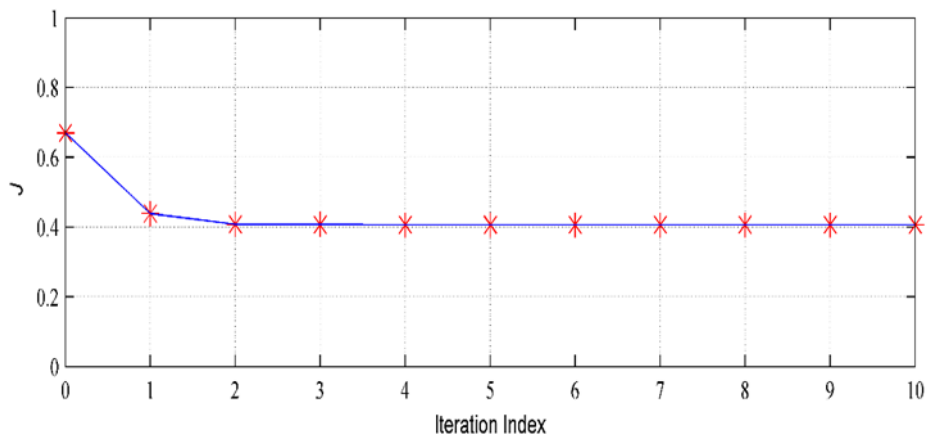
Simulation results of lateral movement are presented as a result of simultaneous design using SPSA optimization method. Minimization of cost function, relative energy saving and final trajectory

tracking results are given. In turbulent environment, trajectory monitoring and closed loop responses of the control surface (Aileron) are presented.

In the example examined in this study, the problem was simplified and only converted to a sub-sample related to rolling control. The optimization variables for this problem are the gain parameters of the respective PID controller of the wing and tail assembly mounting positions of the casing and the bearing angle. The trajectory monitored is a 5-degree rolling angle signal in the form of a unit-step. The control surface that provides this is aileron. Turbulence environment is also taken into account and there is also a 1 degree saturation function on the aileron control surface. The results obtained during the simultaneous design were found and also the closed loop responses were obtained in the presence of atmospheric turbulence [13].

In Figure 5, minimization of cost function, relative energy saving and final trajectory tracking results are given. In Figure 6, closed loop responses of trajectory monitoring and other state variables and control surface (Aileron) are presented in turbulent environment.

As a result of the simultaneous design, significant improvement (approx. 40%) was obtained in the autonomous performance index, which consisted of sitting time, rise time, and maximum excess. This ratio is about 40%, and is obtained from the relative relationship between the value obtained before the concurrent design and the result obtained from the concurrent calculation.



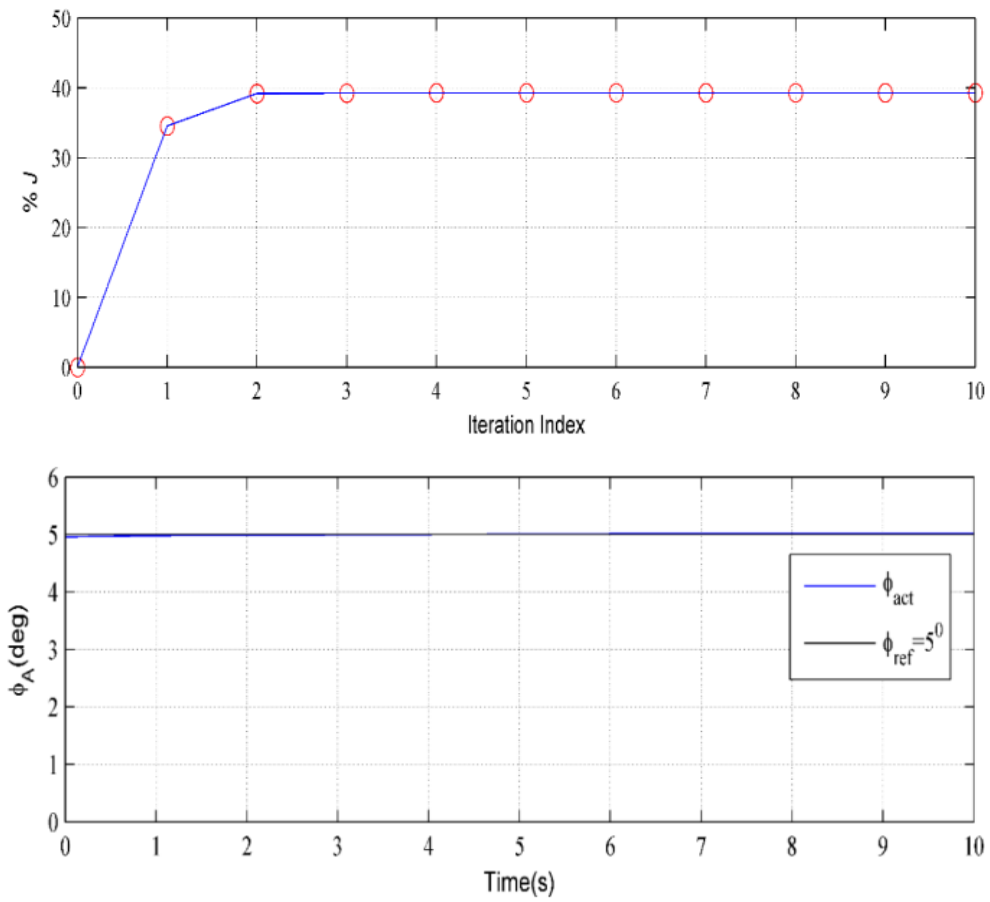
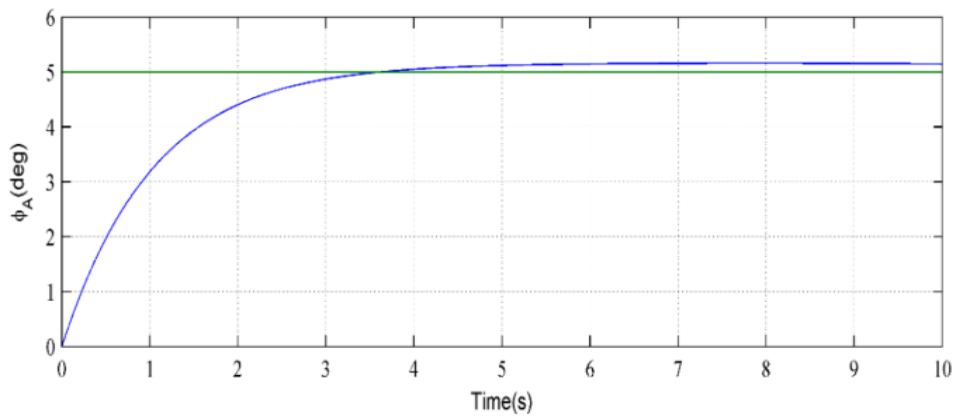


Figure 5. Cost Minimization, Relative Energy Saving and Orbit Tracking



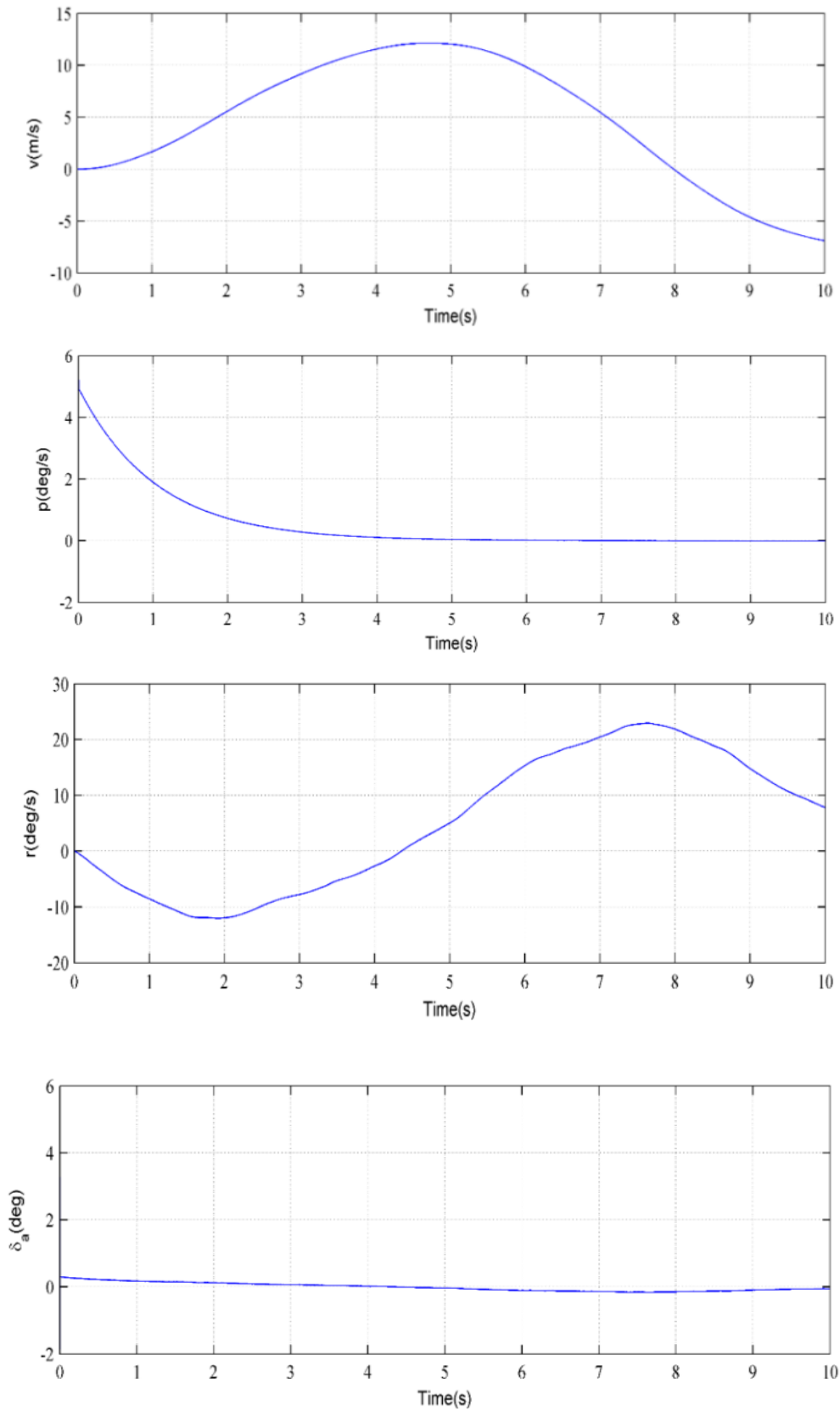


Figure 6. Orbital Tracking and Other State Variables in Closed Turbulent Environment and Closed Cycle Responses of Control Surface

Significant autonomous performance improvement was achieved with very small changes in UAV geometry. As a result of the simultaneous design method implemented and developed within the scope of the study, autonomous performance has been improved significantly. Furthermore, even in the simulation environment where turbulence exists, success in trajectory tracking has been achieved. This method is also applicable in different UAVs.

References

- [1] Nelson, R. C. (1998). Flight stability and automatic control (Vol. 2). WCB/ McGraw Hill.
- [2] Greenwood, D. T. (2003). Advanced Dynamics, Cambridge University Press. ISBN 0-521-82612-8.
- [3] Padfield, G. D. (2007). Helicopter Flight Dynamics, AIAA Education Series.
- [4] Etkin, B., & Reid, L. D. (1996). Dynamics of flight: stability and control (Vol. 3). New York: Wiley.
- [5] Oktay, T., Konar, M., Mohamed, M. A., Aydin, M., Sal, F., Onay, M., & Soylak, M. Autonomous Flight Performance Improvement of Load-Carrying Unmanned Aerial Vehicles by Active Morphing. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, 10(1), 123-132, 2016.
- [6] Spall, J. C., (1992) "Multivariate stochastic approximation using a simultaneous perturbation gradient approximation," IEEE Trans. Autom. Control, 37 (3), 332–341.
- [7] Maryak, J. L., & Chin, D. C. (2001). Global random optimization by simultaneous perturbation stochastic approximation. In American Control Conference, 2001. Proceedings of the 2001, 2:756-762.
- [8] Wang, I. J., & Spall, J. C. (2003, December). Stochastic optimization with inequality constraints using simultaneous perturbations and penalty functions. In Decision and Control, 2003. Proceedings. 42nd IEEE Conference on (Vol. 4, pp. 3808-3813). IEEE.
- [9] He, Y., Fu, M. C., Marcus, S. I., (2003) "Convergence of Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation for Non-Differentiable Optimization", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 48 (8):1459–1463.
- [10] Kuo, B. C. (1963). Analysis and synthesis of sampled-data control systems. Prentice-Hall
- [11] Ekinci, İ (2016). İnsansız Bir Hava Aracının Yanal Durum Uzay Modelinin ve Uçuş Kontrol Sisteminin Eş Zamanlı Tasarımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kayseri
- [12] Perkins, C. D., & Hage, R. E. (1949). Aircraft performance, stability and control. John Wiley
- [13] Oktay T., Çoban S. , "Simultaneous Longitudinal and Lateral Flight Control Systems Design For Both Passive and Active Morphing TUAUVs ", ELEKTRONİKA İR ELEKTROTEHNIKA, vol.23, no.5, pp.15-20, 2017



Received : 14.11.2018 & Accepted : 10.12.2018 & Published (online) : 23.12.2018

Effectiveness of Twist Morphing Wing on Aerodynamic Performance and Control of an Aircraft

Erdoğan KAYGAN^{1*}, Ceren ULUSOY¹

¹ School of Aviation, Girne American University, Kyrenia, PO Box 5, 99428, Cyprus

Abstract

In this paper, effectiveness of twist varied wing configurations for aircraft control and performance is described. The primary variables investigated involved changing the wing twist angle of a comparable Airbus A320 wing structure by identifying the ideal angle of twist. The aerodynamic performance and control of the morphing wing is characterised in AVL (Athena Vortex Lattice Method). In order to better understand the aerodynamic performance and control of twist morphing wing for diverse flight regimes, predetermined values of twist ($-8^\circ < \phi < 8^\circ$, in steps of $\pm 2^\circ$) were examined. The results from this work indicate that if morphing wings were employed on aircraft, performance benefits could be achieved.

Keywords: Aerodynamics, Aircraft, Control, Morphing, Twist

1. Introduction

Current interest in morphing vehicle is accelerating with the development of advanced materials, sensors, and actuators. Although this area is fairly new, the applications were developed many years ago. Wing warping techniques were practically applied by the Wright Brothers to control the first powered, heavier than air, aircraft through wing twist via subtended cables [1]. However in today's aviation world, this technique is no longer available and replaced by compliant based techniques which are widely accepted techniques of strategically placed, small deflection, discrete control surfaces (aileron for roll, elevator for pitch

and rudder for yaw control). Alas, fixed positioned, conventional wings with these traditional control surfaces do not provide the optimum solution for aircraft performance in all flight regimes as the lift requirements for aircraft can vary within a typical flight due to fuel burn. In consequence of these reasons, many designers lean towards the search for variable morphing concepts.

The idea of variable wings, 'morphing', comes from the observation of flying birds where they tend to change wings geometry during the flight to adapt various flight conditions such as take-off, landing, gliding, soaring, and so on. In this regard, a detailed

* Corresponding Author: Dr Erdoğan Kaygan, Girne American University, School of Aviation erdogankaygan@gau.edu.tr

Citation: Kaygan E., Ulusoy C. (2018). Effectiveness of Twist Morphing Wing on Aerodynamic Performance and Control of an Aircraft. Journal of Aviation, 2 (2), 77-87. DOI: 10.30518/jav.482507

description of past and current morphing aircraft concepts are well summarized by Barbarino et al. [2], and Weissahaar et al. [3]. According to their survey, numerous morphing designs were discussed and the benefits, as well as the difficulties, were clearly expressed. Similarly, Ajaj et al. [4] succinctly mapped out the morphing applications by highlighting the latest research as well as presenting the historical connections of adaptive aerial vehicles. Moreover, several adaptive wing concepts of varying complexity were investigated and categorized by Jha et al. [5]. According to the investigation, the most significant challenges tend to be in the structural design of the concepts, morphing the skin, and the mechanisms employed.

A study of early designs and approximation techniques made the assumption that changing the twist in the outboard sections of the wings can improve the desired control forces needed for maneuvering flight. Prandtl's Lifting Line Theory was the initial numerical technique to assess the performance of a wing's lift capabilities for an aerial vehicle [6]; being thereafter modified by Philips [7,8] to estimate the effects of wing twist on lift distribution. Following this seminal work, more studies have taken cognizance of morphing wing twist structure both theoretically and experimentally, to examine influences on the aerodynamic performance of an aircraft. Recent work have detailed of wing twist systems using piezoelectric and pneumatic actuators [9-11], torque rods [12-14], adaptive stiffness structures [15], threaded rods [16], and shape memory alloys [17-19]. Similar to wing twist concepts, winglet and/or wingtip twist can also provide performance increases. Proof of this can be found in the significant number of studies available in the current literature. Bourdin et al. [20,21] and Alvin et al. [22] investigated the adjustable cant angled winglets to increase aerodynamic performance and control of a flying wing aerial vehicles. The concept consists of a pair of winglets with an adjustable cant angle, independently actuated and mounted at the tips of a baseline flying wing. Studies using novel design concepts of twisted and cant angled C wingtip configurations were also investigated by Smith et al. [23] and results indicating that the high twist angles tended to increase the lift coefficient with winglet twist angles of up to $\phi = -3^\circ$ providing

good aerodynamic efficiency. The fishbone active camber wing concepts were introduced by Woods et al. [24]. The core of the Fish Bone Active Camber (FishBAC) concept is a compliant skeletal structure inspired by the anatomy of fish. Wind tunnel testing showed that using the FishBAC morphing structure remarkable increase in the lift-to-drag ratio of 20%–25% was achieved compared to the flapped airfoil over the range of angles of attack. Recently, active wing twist concepts investigated by Kaygan et al. [25,26]. Novel design concepts with multiple morphing elements were utilised and the results show the concept is superior to more traditional methods under selected test conditions such as $\phi = -6^\circ$ with both sufficient compliance in twist, adequate resistance to aerodynamic bending, and minimal surface distortion all demonstrated successfully in flight. In addition to all, the aerodynamic and structural performance of a morphing wing concept, based on fully compliant structures and actuated by closed-loop controlled solid state piezoelectric actuators, is investigated numerically and experimentally by Molinari et al. [27]. The concept was tested in the wind tunnel and also deployed to model aircraft to demonstrate the roll capability of an aircraft. The results showed the concept would be one of the promising morphing wing designs by achieving significant efficiency improvements as well as illustrating similar controllability with traditional aileron systems.

Although the variety of morphing mechanisms for both fixed and rotating wing applications concepts were explored and huge possible advantages have been discussed over the last several decades, the majority of concepts have been limited due to problems such as excess weight, cost, structural integrity, skin configuration, and smooth surface design [28,29]. An efficient widely accepted mechanism with a corresponding to realistic skin still eludes development and widespread application. Smart materials aim to meet these needs; nonetheless, the skin problem remains unsolved. The morphing skin remains one of the significant challenges in this area.

The purpose of the current study is to investigate the aerodynamic characteristics of a variable twist morphing wing to enhance aerodynamic performance and control of an aerial vehicle. The

primary variables investigated involved changing the wing twist angle of a comparable Airbus A320 wing structure by identifying the ideal angle of twist. To that end, the remaining sections of this paper will describe the computational methodologies and aerodynamic analysis of selected twist cases.

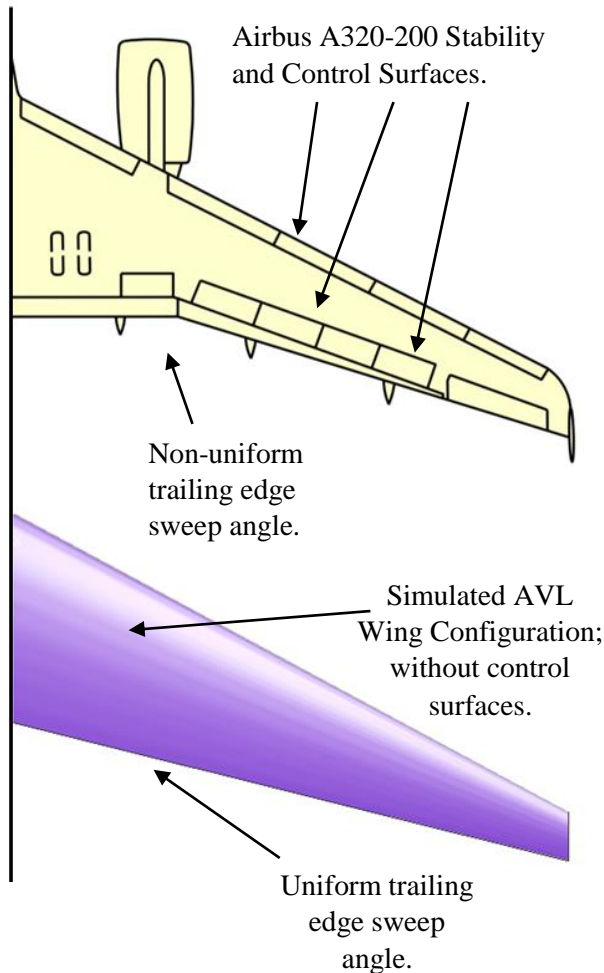


Figure 1. Airbus A320 Swept Wing structure [30] and AVL Swept Wing Model.

2. Design and Methodology

2.1 Wing Geometry

The model chosen for this study is shown in Figure 1 and Figure 2. It can be seen that sweep wing configuration has been investigated which is comparable wing structure with Airbus A320. It should be noted that the wing was modeled without having non-uniform trailing edge angles whereas A320 wing structure has [30]. The wing configuration comprised of NACA 2415 airfoil

section(as shown in Figure 2 (d), which is an asymmetrical airfoil that allows the plane to generate more lift and less drag force [31]), $\Lambda=25^\circ$ leading edge sweep angle, 34m wingspan, 6.5m root chord, 1.5m tip chord, with aspect and tip ratios of 8.5 and 0.23 respectively. In order to better understand the aerodynamic performance and control of twist morphing wing for diverse flight regimes, predetermined values of twist ($-8^\circ < \theta < 8^\circ$, in steps of $\pm 2^\circ$) were examined. An initial exploratory investigation was conducted on a baseline configuration (without having a twist angle) and then for each twist cases, new geometry structure was generated.

2.2 Aerodynamic Model and Computational Method

Aerodynamic modeling and numerical analysis were carried out using Athena Vortex Lattice (AVL) software, which was originally coded by Harold Younger and further developed by Mark Drela [32]. Athena Vortex Lattice is a numerical simulation package that determines the solutions to a linear aerodynamic flow model. For all simulations, modeling was performed from a set of wing panels along the wing span and chord axes (computational model of wing structure is shown in Figure 2(a) and Figure 3).

The variation in lift can be modeled as a step change from one panel to other. The control points are placed at 3/4 chord for each panel at the midpoint position in the spanwise direction to achieve the required vortex strength by applying the flow tangency condition. Using the “Biot-Savart law”, for each surface panel, an equation can be set up which is a linear combination of the effects of the strengths of all panels. A solution for

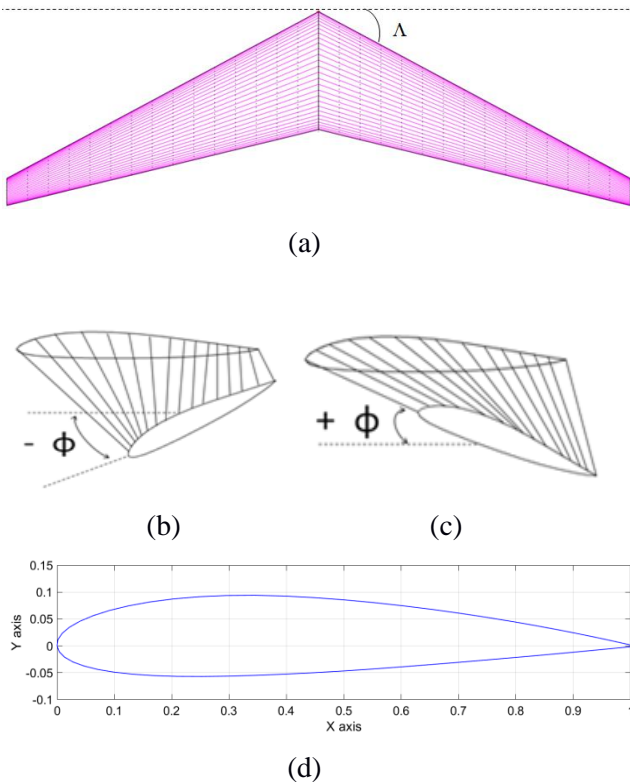


Figure 2. AVL Wing Model: (a) AVL Aerodynamic Wing Structure, (b) Wash-in(positive twist) angle, (c) Wash-out(negative twist) angle and (d) NACA 2415 Airfoil structure.

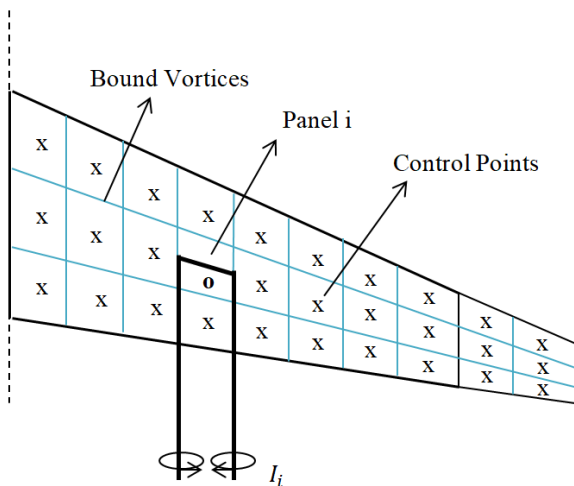


Figure 3. Computational Model of a Swept Wing Structure.

(Where dF is a force acting on an infinitesimal vortex segment, ρ is an air density, I is a displacement vector along an infinitesimal vortex segment, dl is a displacement vector along an infinitesimal vortex segment and U_∞ is the given freestream velocity).

The free-stream velocity chosen for this investigation was 30 m/s and all results were

computed without the influence of compressibility. In order to be computationally efficient, a grid refinement study was performed on the baseline configuration prior to widespread use of the developed model. Grid refinement analysis is a method of defining the best panel size in order to reduce the complexity and increase speed of analysis. The findings from the grid refinement study were also used as a guide to define the best structural models of the configuration. Overall, this involved monitoring the coefficient values for several different panel densities. Subsequent to this activity all computations were thereafter based on 30 horseshoe vortices along the wing chord, and 60 along the semi-span of the baseline wing. Additionally, the wing was scaled down to 1/10 for ease of analysis.

3. Results and Discussion

3.1 Effects of Wing Twist on Lift and Drag Characteristics of an Aircraft

The static force results produced on the morphing wing at twist angles between $-8^\circ < \phi > +8^\circ$ are shown in Figures 4 (a) and (b). To achieve lift and drag coefficient results, both sides of the wings were twisted. Fig. 4(a) illustrates the lift coefficient results for different twist angles. It can be seen clearly that altering the twist angle of the morphing wing producing a corresponding increase and decrease in lift coefficient. It would be expected that the lift capabilities of an aircraft constantly increases with increasing the angle of attack of an aircraft. Comparing this pattern with other twist cases presented, similar results were obtained.

On the other hand, results for wing twist of $\phi = -8^\circ$, at $\alpha=20^\circ$, the lift coefficient in this study were found to produce lift reductions of approximately 11% and 20% compare to $\phi = 0^\circ$ and $\phi = +8^\circ$ respectively. This would be also expected due to both net reductions in effective angle of attack as the wingtip moves out of the wing plane and contribution to overall lift production reduces [7]. Similar results were also found in [23] where experimental results present greater C_L for higher positive twist angles. Considering other twist cases ($-6^\circ < \phi > +6^\circ$) presented in here, general trend as seen for $\phi = \pm 8^\circ$ was also observed, in overall, numerical results showed that there is a greater

improvement in lift coefficient when wings are positioned at $\phi = +8^\circ$, therefore this would be assigned as an alternative lift production case while taking off and landing conditions of an aircraft are considered.

Results for drag coefficient (Figure 4(b)) also show significant changes with wing twist angle change. With twist movement, overall drag, as would be expected, was found to increase with the positive twist (downwash) and decrease with the negative twist. These results showed marked increases at the extremities of twist angles and angles of attack tested as the wing tip becomes more aerodynamically loaded [36]. Proof of this can be found in the significant number of studies available in the current literature showing increased downwash angle tends to raise drag coefficient results dramatically[34-36].

Looking at $\phi = +8^\circ$, the drag increase was found 12.5% comparing to $\phi = 0^\circ$ at a high angle of attack ($\alpha = 20^\circ$), thus the aerodynamic performance of a morphing wing will be diminished due to added positive twist angle. Conversely, from $\phi = 0^\circ$ to $\phi = -6^\circ$, drag reduction was observed at almost 8% and results for $\phi = -8^\circ$ shows this reduction further exacerbated with 10% in contrast to $\phi = 0^\circ$. Moreover, comparing this feature with $\phi = +8^\circ$, it seems there is 25% of total drag reductions. This would allow aircraft to boost its aerodynamic performance. As is well-known principles in aviation, drag reduction plays a significant role to assess fuel consumption. According to NASA Dryden studies, even a 1% reduction in drag would save the US fleet of wide-body transport aircraft \$140 million/year, at a fuel cost of \$0.70/gal [37].

3.2 Effects of Wing Twist on Aerodynamic Performance of an Aircraft

To show the effectiveness of the twist morphing wing on the overall aerodynamic performance of the wing, the L/D is computed by simple division, hence the information gained from Figure 4 (a) and (b) allowed to plot of a graph assessing L/D ratio as shown in Figure 5(a). Overall, this active wing technology generates a slight influence on the C_L and C_D which result in relatively substantial deviations in the L/D.

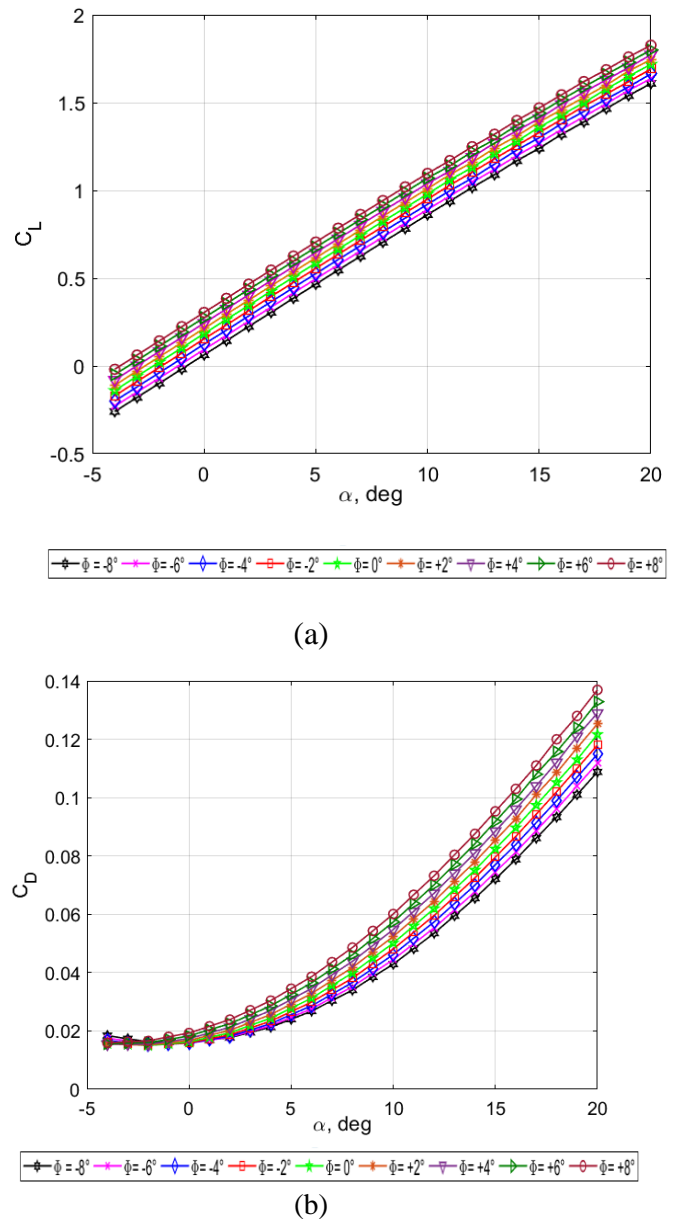
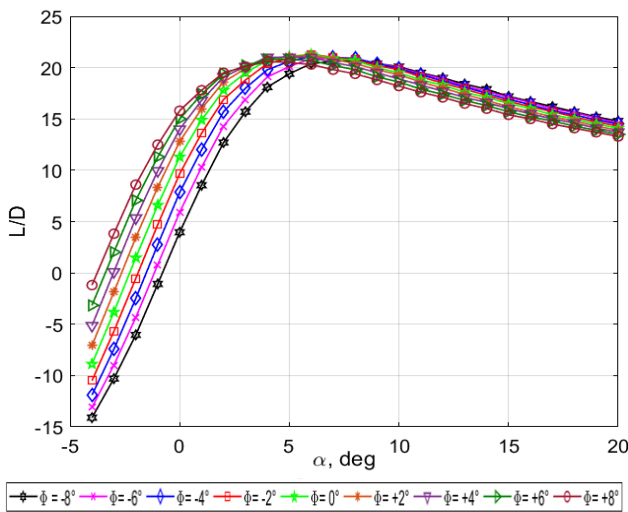


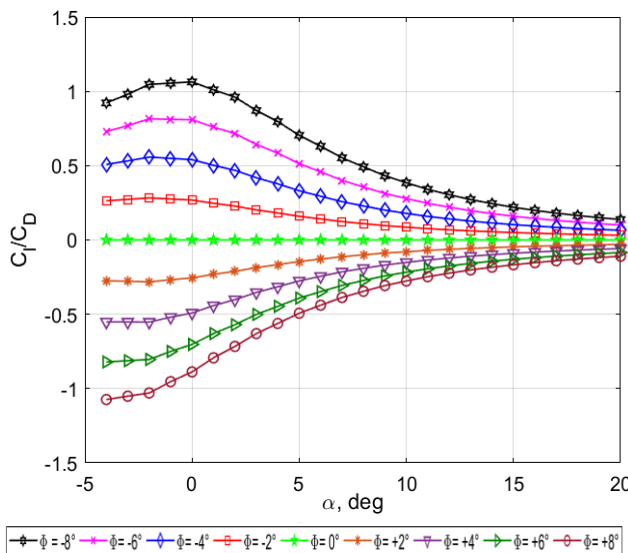
Figure 4. Effects of changing wing twist angle: (a) Lift Coefficient (C_L) and (b) Drag Coefficient (C_D) versus angle of attack.

This feature makes the morphing technology convenient for an air vehicle to perform multi-mission tasks in which the requirements on the flight speed and the range/endurance are different. It can be seen from Figure 5(a), the morphing wing places a significant influence on the L/D particularly at low angles of attack, for $\alpha < 7^\circ$. In this region ($\alpha < 7^\circ$), twisting wing here provides an increase in L/D and the maximum lift to drag ratio is approximately 21.5 for $\phi = -2^\circ$, and this is achieved at an angle of attack of 6° . Comparing $\phi = -2^\circ$ with nearest

highest ratio wing configuration which is $\phi = 0^\circ$, it was found approximately 2% less efficient.



(a)



(b)

Figure 5. Effects of Active Morphing on the Wing Efficiency: (a) Aerodynamic Efficiency (lift to drag ratio) and (b) Roll to drag ratio for different twist cases.

At angles of attack greater than 7° , the L/D values and their changes drop slightly with the increase of the angle of attack. At twist case of $+8^\circ$, L/D ratio reduced radically after $\alpha = 6^\circ$ and became less effective wing configuration compare to other twist cases while it was fully effective model up to the angle of attack range of -4 to 7 deg. This would be expected due to increased angle of incident tend to increase the drag coefficient results (as seen in Figure 4(a)) markedly, thus it causes to reduce

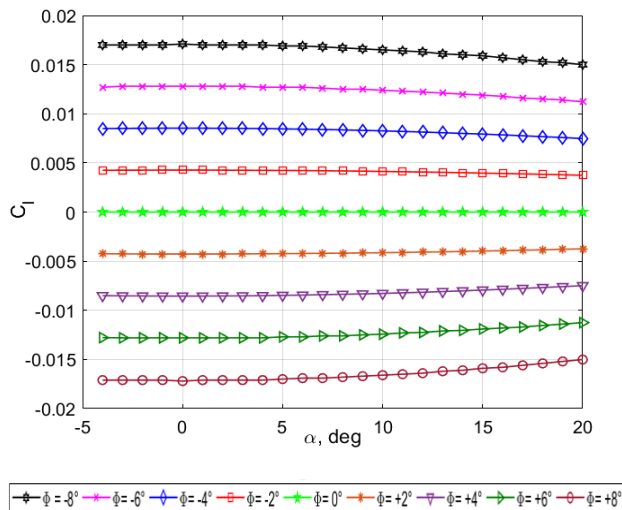
aerodynamic performance of an aerial vehicle. Consequently, the use of the morphing twist wing system improves the aerodynamic performance of the aircraft by increasing its lift to drag ratio at low angles of attack, which is useful to increase the maximum range or endurance of an air vehicle in cruise where the most of fuel is spending, in agreement with [38].

Figure 5 illustrates the roll to drag coefficient ratio that evaluates the overall effectiveness of the concepts at producing roll moment with an inclusion of the aerodynamic cost. From Figure 5, it can be clearly seen that both the $+8^\circ$ and -8° wing twist configurations are superior to any of the corresponding twisted cases over the entirety of the angle of attack range tested.

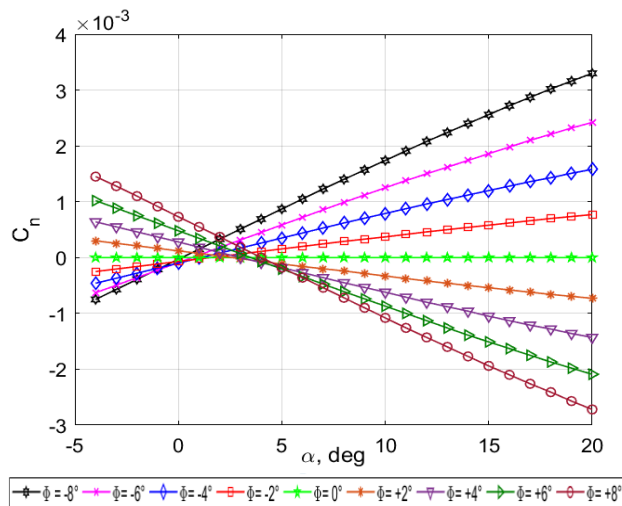
3.3 Effects of Wing Twist on Aerodynamic Control of an Aircraft

The graphs of Figure 6 and Figure 7 represent the graphical interpretation of the numerical results of the variation of the aerodynamic moment coefficients (C_l, C_n , and C_m) as a function of the angle of attacks. Moments attainable by twisting the right wing while the left one remains planar. As is well known, Prandtl’s classical lifting-line theory and the Fourier coefficients have shown previously that increases in wing twist away from the planar configuration can provide substantial roll authority suitable for aircraft roll control [8]. Figure 6(a) highlights the roll moment coefficient results for the various twist wing configurations. As is shown that the concept demonstrates an ability to produce control moments in roll at various levels depending on the degree of twist. Predominantly, developed roll moment was found to increase slightly with an angle of attack, and increase or decrease distinctly with an increase or decrease in applied wing twist angle. This would be expected due to the variation of the lift distribution over the wing structure (as shown in Figure 4(a)) and it can be seen from Figure 6(a) that maximum roll moment coefficient obtained at maximum degree of twist ($\phi = +8^\circ$) with almost -0.017 . It is clearly perceived that negative moment data was achieved which dictates the direction of the roll (aircraft will roll to left.) Comparing this result with a negative twist configuration ($\phi = -8^\circ$), similar results were seen

with $C_l=0.015$; nevertheless, a positive roll moment is produced in $\phi < 0^\circ$ that is the wing will roll in the right direction. Overall, results using this control methodology do show adequate roll control moment ($\Delta C_l/\Delta \phi = 0.11$) and comparable roll control moments obtained relative to traditional aileron systems ($\Delta C_l/\Delta \xi = 0.08-0.25 \text{ rad}^{-1}$) [39] hereby this would be an alternative control technique to substitute for a traditional aileron control system.



(a)



(b)

Figure 6. Effects of changing wing twist angle: (a) Rolling Moment Coefficient (C_l) and (b) Yawing Moment Coefficient (C_n) versus angle of attack for different twist cases.

Considering the same operational conditions discussed for the results of roll moment coefficient above, results indicate noticeable influences on yaw moment coefficient as shown in Figure 6(b). It can be seen that there is a linear trend with an angle of

attack with the degree of yaw moment measured increasing significantly at higher angles of attack. Similar to roll moment coefficient, the negative results indicates the aircraft will yaw to left (due to drag increase for $\phi > 0^\circ$) and positive results show the aircraft yaw directions are right. Proverse yaw is also being observed that is the same direction with roll moment coefficient. Overall, at $\phi = -8^\circ$, yaw moment coefficient measured $C_n=3.3 \times 10^{-3}$ and it is reducing to $C_n=0.85 \times 10^{-3}$ at $\phi = -2^\circ$. As far as positive twist cases are considered, similar to $\phi > 0^\circ$, added twist on morphing wing was found to increase yaw moment coefficient ($C_n=2.8 \times 10^{-3}$ at $\phi = +8^\circ$)

Figure 7 depicts the pitching moment coefficients for different twist angles within the angle of attack range from -4° to 20° . Results for C_m illustrate that the airfoil chosen for the wing model is producing negative moments which indicates the wing configurations at all twist cases are inherently stable. Added more positive twist cases seem to reduce more negative moments. This would be expected that increasing positive twist angle tends to increase the trim angle (lower the angle of attack); hence more pitch down moment occurred. Overall, the C_m show predominantly linear relationships with applied wing twist and/or angle of attack and maximum pitching moment observed at $\phi = +8^\circ$ ($C_m=-0.41$).

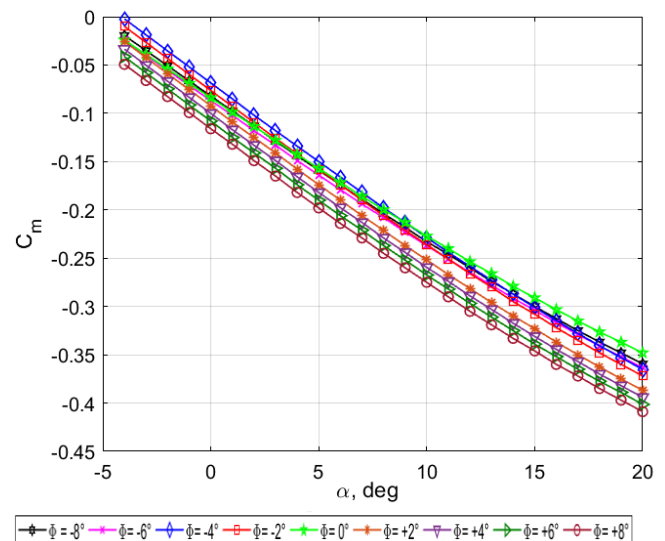


Figure 7. Effects of changing wing twist angle: Pitching moment coefficient versus angle of attack for different twist cases.

4. Conclusion

Variable wing twist concept has been numerically investigated in this paper. The concept consists of several twist wing configurations ($-8^\circ \leq \phi \leq +8^\circ$). As discussed earlier in section 3.3, maximum twist angles provide substantial aerodynamic moments and overall, the investigated concept appears to be a possible alternative to traditional control surfaces such as ailerons, elevators, and rudders as far as basic maneuvers are concerned. Moreover, the concepts also showed potential aerodynamic performance benefits at $\phi = -2^\circ$ compare to Airbus A320 conventional and/or fixed wing configuration ($\phi = 0^\circ$). These results are all particularly encouraging and provide an incentive for further investigation of wing twist morphing technology, principally with regard to its practical implementation.

Nomenclature

- A = Wing Area
- b = Wing Span
- C_D = Roll moment coefficient
- C_L = Yaw moment coefficient
- C_l = Roll moment coefficient
- C_l/C_D = Roll to Drag Ratio
- C_m = Pitching moment coefficient
- C_n = Yaw moment coefficient
- c = Wing chord
- i = Selected wing panel
- I_i = Total vortex strength
- L/D = Lift to Drag ratio
- U_∞ = Freestream velocity
- α = Angle of Attack
- ϕ = Twist Angle
- Λ = Sweep Angle
- ξ = Standard aileron angle

References

[1] D. McRuer and D. Graham, "Flight Control Century: Triumphs of the Systems Approach," *J. Guid. Control. Dyn.*, vol. 27, no. 2, pp. 161–173, 2004.

[2] S. Barbarino, O. Bilgen, R. M. Ajaj, M. I. Friswell, and D. J. Inman, "A Review of Morphing Aircraft," *J. Intell. Mater. Syst. Struct.*, vol. 22, no. 9, pp. 823–877, Aug. 2011.

[3] T. a. Weisshaar, "Morphing Aircraft Systems: Historical Perspectives and Future Challenges," *J. Aircr.*, vol. 50, no. 2, pp. 337–353, 2013.

[4] R. M. Ajaj, C. S. Beaverstock, and M. I. Friswell, "Morphing aircraft: The need for a new design philosophy," *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 49, no. December 2017, pp. 154–166, 2015.

[5] A. K. Jha and J. N. Kudva, "Morphing Aircraft Concepts, Classifications, and Challenges," vol. 5388, pp. 213–224, Jul. 2004.

[6] L. Prandtl, "Application of Modern Hydrodynamics to Aeronautics," *Naca*, vol. 116, no. 116. 1923.

[7] W. F. Phillips, "Lifting-Line Analysis for Twisted Wings and Washout-Optimized Wings," *J. Aircr.*, vol. 41, no. 1, pp. 128–136, 2004.

[8] W. F. Phillips, N. R. Alley, and W. D. Goodrich, "Lifting-Line Analysis of Roll Control and Variable Twist," *J. Aircr.*, vol. 41, no. 5, pp. 1169–1176, 2004.

[9] R. Barrett, "Active aeroelastic tailoring of an adaptive Flexspar stabilator," *Smart Mater. Struct.*, vol. 5, no. 6, pp. 723–730, 1996.

[10] D. Sahoo and C. Cesnik, "Roll maneuver control of UCAV wing using anisotropic piezoelectric actuators," *43rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Struct. Struct. Dyn. Mater. Conf.*, no. April, pp. 1–11, 2002.

[11] D. A. N. Iii, D. J. Inman, and C. Woolsey, "Design , Development , and Analysis of a Morphing Aircraft Model for Wind Tunnel Experimentation by Design , Development , and Analysis of a Morphing Aircraft Model for Wind Tunnel Experimentation," 2006.

[12] H. Garcia, M. Abdulrahim, and R. Lind, "Roll Control for a Micro Air Vehicle Using Active Wing Morphing," in *AIAA Guidance, Navigation and Control Conference (Austin, TX)*, 2003, pp. 1–12.

[13] B. Stanford, M. Abdulrahim, R. Lind, and P.

- Ifju, "Investigation of Membrane Actuation for Roll Control of a Micro Air Vehicle," *J. Aircr.*, vol. 44, no. 3, pp. 741–749, 2007.
- [14] M. Abdulrahim, H. Garcia, G. F. Ivey, and R. Lind, "Flight Testing A Micro Air Vehicle Using Morphing For Aeroservoelastic Control," *J. Aircr.*, vol. 42, N° 1, no. January-February, pp. 1–17, 2005.
- [15] M. Majji, O. Rediniotis, and J. Junkins, "Design of a Morphing Wing: Modeling and Experiments," *AIAA Atmos. Flight Mech. Conf. Exhib.*, pp. 1–9, Aug. 2007.
- [16] R. Vos, Z. Gurdal, and M. Abdalla, "Mechanism for Warp-Controlled Twist of a Morphing Wing," *J. Aircr.*, vol. 47, no. 2, pp. 450–457, Mar. 2010.
- [17] D. M. Elzey, A. Y. N. Sofla, and H. N. G. Wadley, "A bio-inspired, high-authority actuator for shape morphing structures," *Proc. SPIE*, vol. 5053, pp. 92–100, 2003.
- [18] A. Y. N. Sofla, D. M. Elzey, and H. N. G. Wadley, "Two-way Antagonistic Shape Actuation Based on the One-way Shape Memory Effect," *J. Intell. Mater. Syst. Struct.*, vol. 19, no. 9, pp. 1017–1027, 2008.
- [19] H. Lv, J. Leng, and S. Du, "A Survey of Adaptive Materials and Structures Research in China," in *50th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference*, 2009, no. May, pp. 1–8.
- [20] P. Bourdin, A. Gatto, and M. I. Friswell, "Performing co-ordinated turns with articulated wing-tips as multi-axis control effectors," *Aeronaut. J.*, vol. 114, no. 1151, pp. 35–47, 2010.
- [21] P. Bourdin, A. Gatto, and M. I. Friswell, "Potential of Articulated Split Wingtips for Morphing-Based Control of a Flying Wing," in *25th AIAA Applied Aerodynamics Conference*, 2007, no. June, pp. 1–16.
- [22] A. Gatto, P. Bourdin, and M. I. Friswell, "Experimental Investigation into Articulated Winglet Effects on Flying Wing Surface Pressure Aerodynamics," *J. Aircr.*, vol. 47, no. 5, pp. 1811–1815, 2010.
- [23] D. D. Smith, M. H. Lowenberg, D. P. Jones, and M. I. Friswell, "Computational and Experimental Validation of the Active Morphing Wing," *J. Aircr.*, vol. 51, no. 3, pp. 925–937, May 2014.
- [24] B. K. Woods, O. Bilgen, and M. I. Friswell, "Wind tunnel testing of the fish bone active camber morphing concept," *J. Intell. Mater. Syst. Struct.*, vol. 25, no. 7, pp. 772–785, Feb. 2014.
- [25] E. Kaygan and A. Gatto, "Development of an Active Morphing Wing With Adaptive Skin for Enhanced Aircraft Control and Performance," in *Greener Aviation 2016*, 2016, no. October.
- [26] A. Gatto, "BLADE OR WING," WO/2018/046936.
- [27] G. Molinari, E. T. H. Zurich, W. Lafayette, and M. Guillaume, "Aerostructural Performance of Distributed Compliance Morphing Wings: Wind Tunnel and Flight Testing," *AIAA J.*, vol. 54, pp. 1–13, 2016.
- [28] A. Y. N. Sofla, S. a. Meguid, K. T. Tan, and W. K. Yeo, "Shape morphing of aircraft wing: Status and challenges," *Mater. Des.*, vol. 31, no. 3, pp. 1284–1292, Mar. 2010.
- [29] C. Thill, J. Etches, I. Bond, K. Potter, and P. Weaver, "Morphing skins," no. 3216, pp. 1–23, 2008.
- [30] AIRBUS, "Aircraft Characteristics Airport and Maintenance A320" *AIRBUS Report*, 2018.
- [31] H. H. Açikel, "An experimental study on aerodynamics of NACA2415 aerofoil at low Re numbers," *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 39, pp. 252–264, 2012.
- [32] H. Y. Mark Drela, "AVL 3.30 User Primer."
- [33] P. G. Saffman, *Vortex Dynamics Cambridge*. England, U.K.: Cambridge Univ. Press, 1992.
- [34] E. Kaygan and A. Gatto, "Investigation of Adaptable Winglets for Improved UAV Control and Performance," *Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatronics Eng.*, vol. 8, no. 7, pp. 1281–1286, 2014.

- [35] E. Kaygan and A. Gatto, “Computational Analysis of Adaptable Winglets for Improved Morphing Aircraft Performance,” *Int. J. Aerosp. Mech. Eng.*, vol. 9, no. 7, pp. 1127–1133, 2015.
- [36] D. D. Smith, M. H. Lowenberg, D. P. Jones, M. I. Friswell, and S. Park, “Computational And Experimental Analysis Of The Active Morphing Wing Concept,” 2012, pp. 1–9.
- [37] A. Bolonkin and G. Gilyard, “Estimated Benefits of Variable-Geometry Wing Camber Control for Transport Aircraft,” *Tech. Memo. NASA Dryden Flight Res. Cent.*, no. October 1999, 2018.
- [38] Q. Wang, Y. Chen, and H. Tang, “Mechanism Design for Aircraft Morphing Wing,” *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Struct. Struct. Dyn. Mater. Conf. AIAA/ASME/AHS Adapt. Struct. Conf. AIAA*, no. October, 2012.
- [39] S. Esdu, “Rolling moment derivative , $L \xi$ for plain ailerons at subsonic speeds,” no. August 1988, 1992.



Geliş/Received : 13.11.2018 & Kabul/Accepted : 07.12.2018 & Yayınlanma/Published (online) : 23.12.2018

Havacılık Sektöründe Yabani Hayatı Yönetim Üzerine Hamid Karzai Uluslararası Havalimanında (Kabil-Afganistan) Bir Araştırma

Ramazan ÇOBAN^{1*}, İsmail BAHAR²

¹ Hava Kuvvetleri Komutanlığı, 7'nci Ana Jet Üs Komutanlığı, Malatya

² Hava Kuvvetleri Komutanlığı, 3'üncü Ana Jet Üs Komutanlığı, Konya

Özet

Küreselleşme ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak hızla değişen günümüz dünyasında havacılık sektörü giderek büyümekte ve modern havalimanlarını yönetmek birçok sorunu kapsayan önemli bir sorumluluğu beraberinde getirmektedir. Havalimanlarının içinde bulunduğu çevrenin, özellikle yabani hayattan kaynaklanan ve uçuş emniyetini tehlikeye sokan riskleri taşıması nedeniyle kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada, öncelikle literatür taraması yapılarak havacılık sektöründe yabani hayatı yönetim kavramı, yabani hayatın ortaya çıkardığı riskler ve bu risklerle mücadele etmek için kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Literatür taramasından sonra yapılan saha araştırmasında, Afganistan'ın başkenti Kabil şehrinde bulunan Hamid Karzai Uluslararası Havalimanındaki yabani hayatı yönetim uygulamaları ve riskleri yerinde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yabani hayatı yönetim, Kuş uçak çarpışması, Kuş çarpması, Uçuş emniyeti, Havacılık emniyeti

A Research on Wildlife Management in Aviation in Hamid Karzai International Airport (Kabul-Afghanistan)

Abstract

In today's rapidly changing world due to globalization and technological developments, the aviation sector is growing and managing modern airports brings with it an important responsibility covering many problems. The environment in which the airports are located should be kept under control due to the risks especially associated with wildlife that endangers the flight safety. In this study, firstly literature was reviewed and the concept of wildlife management in aviation, the risks of wildlife and the methods used to combat these risks were mentioned. In the field research conducted after the literature review, wildlife management practices and risks at Hamid Karzai International Airport in Kabul, the capital of Afghanistan, were investigated on site.

Keywords: Wildlife management, Bird aircraft collision, Bird strike, Flight safety, Aviation safety

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ramazan ÇOBAN
ramazancoban26@hotmail.com

Alıntı/Citation: Çoban R., Bahar İ. (2018). Havacılık Sektöründe Yabani Hayatı Yönetim Üzerine Hamid Karzai Uluslararası Havalimanında (Kabil-Afganistan) Bir Araştırma, Journal of Aviation, 2 (2), 87-104. DOI: 10.30518/jav.482458

1. Giriş

Küreselleşme ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak hızla değişen günümüz dünyasında havacılık sektörü giderek büyümekte ve modern havalimanlarını yönetmek birçok sorunu kapsayan önemli bir sorumluluğu beraberinde getirmektedir. Küresel ekonomi ve ulaşım ağlarının önemli bir parçası olan hava limanları gürültü, düşük hava kalitesi, asit yağmurları ve yabani hayat riskleri gibi ekonomik maliyetlere neden olan birçok çevresel sorunla mücadele etmek zorundadır. Havalimanlarının içinde bulunduğu çevrenin özellikle yabani hayattan kaynaklanan ve uçuş emniyetini tehlikeye sokan riskleri taşıması nedeni ile kontrol altında tutulması gerekmektedir [1].

İnsanoğlu tarih boyunca birçok yabani hayvandan etkilenmiş ve ilham almıştır. Milyonlarca yıl önce ortaya çıkan ve insanoğluna ilham veren bu yabani türlerden olan kuşlarla yüzyıldan fazla aynı gökyüzünü paylaşmaktayız. Bununla birlikte hava araçları ve kuşların aynı gökyüzünü paylaşmaları ve çarpışmaları uçuş emniyeti açısından önemli risklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır [2]. Her ne kadar yabani hayattan kaynaklanan birçok çarpışma ölümle sonuçlanmasa da, uçuş ve yer emniyetini tehdit eden maddi ve manevi negatif sonuçlara yol açabilmektedir. Tıpkı havacılık sektöründeki diğer riskler gibi yabani hayatın ortaya çıkardığı bu riskler, havalimanı yönetimleri tarafından tespit edilmeli ve yönetilmelidir.

Bu çalışmada öncelikle literatür taraması yapılarak havacılık sektöründe yabani hayatı yönetim kavramı, yabani hayatın ortaya çıkardığı riskler ve bu risklerle mücadele etmek için kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Literatür taramasından sonra yapılan saha araştırmasında, Afganistanın başkenti Kabil şehrinde bulunan Hamid Karzai Uluslararası Havalimanındaki yabani hayatı yönetim uygulamaları ve riskleri yerinde incelenmiştir.

2. Havacılıkta Yabani Hayatı Yönetim

Dünya üzerinde kuşlar, memeliler ve sürüngenler de dâhil olmak üzere birçok yabani tür, havalimanının bulunduğu çevrenin içinde ya da hemen yakınlarında yaşamaktadır. Çünkü bu geniş

çevre ve bitki örtüsü, gerek kent hayatına uyum sağlamış gerek yabani birçok kuş türüne beslenme ve yuva yapmak için gerekli olan cazip ortamı sağlamaktadır. Sadece kuşlar değil, aynı zamanda köpek, tilki, çakal, sürüngen ve kemirgenler gibi diğer kara hayvanları da aynı sebeplerden dolayı bu çevrenin yanında ya da içinde olmayı tercih etmektedir [3].

Havalimanlarının içinde veya civarında yer alan yabani hayvan varlığı ile günümüz uçaklarının eski ve gürültülü pervaneli uçaklara nazaran daha sessiz olan turbofan motorları ile donatılması, kuşlar ve diğer kara hayvanlarının uçaklarla çarpışarak uçuş emniyeti açısından çok büyük risklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır [4]. Uçakların kuşlar ve diğer yabani türler ile çarpışması, dünya çapında havacılık sektörü için her zaman büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Çünkü istenmeyen bu çarpışmalar, yolcuların can güvenliğini tehdit etmekte; ayrıca uçaklarda büyük maddi hasarlara, havayolu işletmelerinin gelirinin düşmesine ve havayolu taşımacılığının toplum nazarında itibar kaybetmesine neden olmaktadır [3].

Bir kuş ya da yabani bir kara hayvanının bir hava aracı ile çarpışması İngilizce literatürde “wildlife strike” kavramı ile ifade edilmektedir [5]. “Wild strike” kavramı Türkçe havacılık literatürüne **yabani hayvan çarpması** olarak çevrilebilir. Ancak bu yabani hayvan çarpmaları, çoğunlukla kuşlar ve uçaklar arasında meydana gelen çarpışmalara atıfta bulunur. Bununla birlikte, diğer yabani kara hayvanlarından farklı olarak uçan bir canlının (genellikle kuş, yaras vb.) bir hava aracı ile çarpışmasını tanımlayan “kuş çarpması” kavramı ise, İngilizce literatürde “**bird strike, bird hit ve bird ingestion**” kelimeleri ile ifade edilmektedir [6].

Yabani Hayatı Yönetim (Wildlife Management) kavramı belirli bir amaç doğrultusunda, bir hayvan ya da hayvan grubunun davranışı, popülasyonu, yaşadığı çevre ve coğrafi dağılımını kontrol altında tutmak amacıyla icra edilen manipulatif uygulamaları ifade etmektedir. Havalimanlarında yabani hayatı yönetimin amacı, havalimanının içinde bulunduğu çevrede yaşayan yabani ya da evcil hayvan davranışlarını değiştirerek uçuş faaliyetlerinin yapıldığı yerleri emniyetli hale

getirmektir. Havacılık sektöründe yabancı hayatı yönetim sisteminin ana düşüncesi, hayvanların temel biyolojik ihtiyaçlarının ve davranışlarının uçuş emniyetine nasıl risk oluşturabileceğini anlamaya odaklanmaktadır. Aslında başarılı bir yabancı hayat yönetim sisteminde hayvan davranışlarını bilmek zorunludur [7].

Tüm hayvanların, hayatta kalmak, gelişmek, üremek ve yırtıcılardan korunmak için besin ve barınacak yerlere ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaçlar hayvanların nasıl davranmaları gerektiğine yön verir. Farklı yabancı türlerin söz konusu temel ihtiyaçlarını yılın farklı zamanlarında ve farklı habitatlarda karşılamak istemesi, havalimanlarında uçuş emniyetini riske sokan hayvan davranışlarına neden olabilir. Havalimanı yönetimleri, uçuş emniyetine risk oluşturabilecek bu tür davranışlara neden olan hayvan ihtiyaçlarını tanımladıktan sonra bu davranışları değiştirmek için gerekli tedbirleri almalıdır [7].

Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (International Civil Aviation Organization - ICAO) standartlarına göre havalimanlarında yabancı hayatın ortaya çıkardığı risklerin Emniyet Yönetim Sistemi çerçevesinde kontrol altında tutularak minimize edilebilmesi için, uçuş emniyetini tehlikeye atan diğer riskler gibi belirlenmesi değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir [8]. Bunun için ilk adım olarak, havalimanı ve çevresinde bulunan yabancı hayatın yarattığı **Risk Tanımlaması** ve akabinde her bir yabancı türün bir uçakla çarpışması durumunda uçağa ne kadar zarar verebileceğini gösteren **Risk Seviyesi** belirlenmelidir. İkinci olarak, geçmiş yıllardaki kuş ve yabancı hayvan çarpışmaları incelenerek **Yabancı Türlerin Çarpma Olasılıkları** saptanır. Saptanan bu olasılıklar sayesinde **Risk Değerlendirme Matrisi** oluşturulur. Bu matris aracılığı ile havalimanının içinde bulunduğu habitat ve bu habitat içinde yaşayan yabancı türlerin oluşturduğu riskleri tanımlama ve değerlendirme işlemi tamamlanır. Risk değerlendirmesinden sonra havalimanı yönetimleri, **Yabancı Hayat Risk Yönetim Planı (YHRYP)** (Wildlife Hazard Management Plan) yapmak zorundadır. Bu planın amacı, uçuş faaliyetlerinin gerçekleştiği kritik alanlar ve çevresindeki potansiyel yabancı hayat risklerini

azaltmak amacıyla gerekli olan uygulamaları belirlemektir [7, 8].

Havalimanı YHRYP, kendi uygulamalarının başarısını ölçebilmek için bir değerlendirme sistemine sahip olmalıdır. Bu sistemde havalimanı içinde ve civarındaki yabancı türlerin popülasyonu, uygulamalar ve bu uygulamalara karşı hayvanların tepkisi gibi detaylı veriler bulunmalıdır [8]. Bununla birlikte her bir havalimanı içinde bulunduğu çevre ve yabancı hayvan riskleri yönünden farklı özelliklere sahip olabilir. Bu nedenle, havalimanlarının kendi çevresel gerçeklerine özgü YHRYP geliştirmesi kritik öneme sahiptir. YHRYP, havalimanı içinde ve çevresindeki yabancı türler, riskler ve bu risklere karşı alınacak tedbirler konusunda içerdiği sayısız veri sayesinde havalimanı yönetimlerinin karar alma süreçlerine katkı sağlamaktadır.

3. Yabancı Hayatın Oluşturduğu Riskler

Havacılık sektöründe yabancı hayatın oluşturduğu riskler, modern havacılık tarihinin başlangıç dönemine kadar uzanmaktadır. Havacılık tarihinin kayıtlı ilk kuş uçak çarpışması, 7 Eylül 1905 tarihinde Amerika'nın Ohia eyaletinde Orville Wright'ın uçuş denemelerinin birinde meydana gelmiştir. Kara hayvanlarına ait ilk çarpışma olayı ise, 1909 yılında Fransız Louis Bleriot'in Fransa'da gerçekleştirdiği tarihi bir uçuş denemesi öncesinde gerçekleşmiştir. Bleriot, Bleriot XI tipi uçağını çalıştırıp motorlarını ısıtmaya çalıştığı sırada meraklı bir çiftlik köpeği uçağın hızla dönen pervanesine çarpmıştır [9]. Havacılığın öncü pilotlarından Amerikalı Calbraith Perry Rodgers, 3 Nisan 1912 tarihinde Kalifornia'da gerçekleştirdiği uçuşu esnasında uçağına kuş çarpması sonucu ölen ilk kişi olarak havacılık tarihine geçmiştir. Rodgers'ın uçurduğu Wright Flyer uçağına çarpan bir martı, uçuş kumandalarına hasar vermiş ve uçak denize düşmüştür. Uçak enkazının altında kalan Rodgers, boğularak hayatını kaybetmiştir [10] (Şekil 1).



Şekil 1. Rodgers'ın uçak kazası [11]

Wright kardeşlerin ilk uçuş denemelerini yaptığı 1900'li yılların başı ile 1950'li yılların sonuna kadar geçen yaklaşık elli yıllık dönem içinde yabani hayat, havacılık ve uçuş emniyeti için önemli bir risk oluşturmamıştır [9]. Çünkü bu dönem içinde piston motorlu pervaneli uçakların gürültülü ve yavaş olması kuşların uçaklardan kaçmasını sağlıyordu. Çarpışma olsa bile uçakların hızının yavaş olması çok az hasara neden oluyordu. 1960'lı yılların başında sivil havacılık sektöründe pervaneli uçaklara göre çok hızlı ve sessiz olan turbojet motorlu uçakların görülmesiyle birlikte, yabani hayvan çarpışmaları ciddi oranda artmıştır. Özellikle kuş uçak çarpışmaları, sektör için önemli bir uçuş emniyet riski haline gelmiştir [9, 12].

Sivil havacılık sektöründe yabani hayatın sebep olduğu çarpışmaların çok büyük bölümünü (%97) kuş çarpışmaları oluşturmaktadır. Hem ticari hem de diğer uçaklarla (taksi, tarım, özel uçak vb.) kuşlar arasında yaşanan çarpışmaların yaklaşık %70'i havalimanlarının içinde ya da çevresinde ve 500 feet irtifa içinde meydana gelmektedir. %90'dan fazlası ise 3500 feet içinde olmakta ve 500 feet'ten daha yüksek irtifada gerçekleşen kuş uçak çarpışmaları, düşük irtifadaki çarpışmalarla karşılaştırıldığında daha çok hasara neden olmaktadır [13]. Havalimanlarının içinde bulunan çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık gösterse de, genellikle kuş uçak çarpışması olaylarının yarısından fazlası, üreme ve göç faaliyetlerinin yoğunlaştığı Temmuz ve Ekim ayları arasında; ayrıca çarpışmaların çoğunluğu uçakların havalimanına yaklaştığı (approach), inişe geçtiği (descent), pistte ilerlediği (landing roll) ve pistten ayrıldığı (take-off) zamanlarda ve gündüz vaktinde meydana gelmektedir [14].

Yabani hayatın özellikle de kuşlardan kaynaklanan çarpışmalar, sebep olduğu ölümcül sonuçlar ve hava araçlarına verdiği maddi hasarlardan dolayı günümüzde uçuş emniyetini

tehdit eden en önemli risklerin başında gelmektedir Dünya kamuoyu, kuş çarpışmasının yol açtığı mucizevi bir kazadan sonra, yabani hayatın havacılık sektörü için önemli bir risk ve bu riskin büyük ekonomik kayıplara neden olduğunun farkına varmıştır [15]. Bu kazada, Amerikan havayollarına ait Airbus 320 tipi uçak 1549 sayılı uçuşunu gerçekleştirdiği 15 Ocak 2009 tarihinde, her iki motoruna giren Kanada kazları nedeniyle Hudson nehrine acil iniş yapmak zorunda kalmıştır (Şekil 2). Uçakta bulunan 155 yolcu ve mürettebat kurtulmuş ancak, uçak gövdesinde ciddi maddi hasar meydana gelmiştir [16].



Şekil 2. Airbus 320'nin Hudson nehrine inişi [17]

Kuş uçak çarpışmalarının sebep olduğu ölümcül kazalar ve büyük maddi hasarlar, pahalı teknolojileri kullanan havacılık sektörüne karşı toplum tarafından kaygı ile bakılmasına neden olmaktadır. Çünkü en sık karşılaşılan yabani hayat risklerinden olan kuş uçak çarpışmaları nedeniyle dünya çapında, 1988 ve 2013 yılları arasında 255 kişi hayatının kaybetmiş ve 243 uçak ciddi hasar görmüştür [18]. Kuş çarpışmaları, uçağın/kuşun büyüklüğüne ve hızına göre uçuş emniyetini tehlikeye atabilecek olumsuz sonuçlar doğurabilir. Tüm hava aracı çeşitlerinde kuş çarpışmaları nedeniyle gövde, radom, kokpit camı, uçuş kontrol yüzeyleri, kanat, anten, pervane gibi uçak parçaları hasarlanabilir (Şekil 3). Böyle bir durumda pilotların hız, irtifa, basınç gibi uçuş verilerini hatalı okuması muhtemeldir. Uçak motorlarının kuş yutması nedeniyle de motor fan ve kompresör palelelerinde hasar oluşabileceğinden bu durum, motorun susmasına ve itiş gücünü kaybetmesine neden olabilir [19]. Özellikle helikopter ve sabit kanatlı küçük uçaklara çarpan orta ya da büyük boy kuşlar kokpit içine girerek pilot veya uçuş ekibinin yaralanmasına ve hava aracının kontrolünün kaybedilmesine neden olabilir. Yüksek irtifalarda büyük veya sürü halindeki kuşların sebep olabileceği çarpışmalar nedeniyle ise uçak gövdesi

ciddi bir şekilde hasarlanarak kabin basıncının düşmesine neden olabilir [9].



Şekil 3. Kuş uçak çarpışması [20]

Kuşlar dışında diğer kara hayvanlarının sebep olduğu çarpışmaların çoğu uçak yerde, taksi yolunda ve pistte ilerlerken meydana gelir. Bu nedenle kara hayvanlarının (köpek, tilki, sürüngenler, vb.) bir uçakla çarpışması nedeniyle özellikle iniş takımları, lastikler ve fren sistemi zarar görebileceğinden uçak pistten bile çıkabilir.

Boeing firması tarafından yapılan bir araştırmada, kuş çarpmalarının %44'ü motor, %31'i kanatlar, %13'ü kokpit, %8'i burun kısmı ve %4'ünün ise gövde kısmında meydana geldiği görülmüştür [21]. Bu araştırma göstermektedir ki kuş çarpmaları, uçak motorlarının hava girişi ve kompresor palelerine ciddi hasarlar vermektedir. Çünkü günümüz büyük gövdeli uçak motorlarının hem hava giriş çaplarının hem de gövdelerinin büyük olması kuş çarpmalarına maruz kalmalarını kolaylaştıran nedenlerden biridir.

Uçakların kuş ve yabani hayvanlarla çarpışması sonucu, havacılık sektörü büyük ekonomik kayıplara uğrayabilmektedir. Çünkü sözkonusu çarpışmalar nedeniyle acil inişler veya uçuş iptalleri olabilmekte, toplum tarafından hava yolu taşımacılığına olan güven sorgulanabilmekte ve oluşan ciddi maddi hasarları giderebilmek için havayolu işletmeleri büyük tamir ve bakım giderlerine katılmak zorunda kalabilmektedir. Amerika Federal Havacılık Otoritesi (FAA) tarafından yayınlanan bir rapora [22] göre, 1990-2015 yılları arasında Amerikan menşesine ait uçakların Amerika ve yurtdışında kuş ve kara hayvanları ile yaşadıkları 24478 çarpışma olayı nedeniyle uçaklar, yıllık olarak 112536 saat uçuştan kesilmiş ve bu çarpışmalar yılda 191 milyon dolar onarım maliyetine neden olmuştur. 26 yıllık bu dönem içinde kalkış ağırlığı 2250 ve 27000 kg arasında değişen 68 adet uçak, aşırı hasar ya da

tamir masraflarının büyük giderlere sebep olmasından dolayı servisten çıkartılmıştır.

4. Yabani Hayatı Yönetim Uygulamaları

Havacılık sektöründe yabani hayatın yol açtığı riskleri tamamen yok etmek mümkün değilse de, bu riskler aktif bir yönetimle minimize edilebilir. Bu risklerin yönetilebilmesi için havalimanı yönetimleri kendi doğal çevrelerine has bir Yabani Hayatı Yönetim Sistemi kurmalıdırlar. Bu sistemi işletecek birim, konusunda uzman personelden oluşmalıdır. 1966 yılında kurulan Uluslararası Kuş Çarpması Komitesi, kuş ve yabani hayvan çarpmalarını önlemek amacıyla birçok yöntem ve aracın gelişmesine katkı sağlamaktadır. Her havalimanının sahip olduğu çevresel koşullar farklı olduğu için yabani hayat risklerini önlemek için farklı yöntemleri görmek mümkündür [9].

Havalimanlarında yabani hayatı yönetim birimi, hayvanların nasıl davrandığını ve temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için farklı doğal çevreleri nasıl kullandığını anlayarak yabani hayat ile ilgili riskleri yönetmeye başlayabilirler. Bu sayede özellikle kritik uçuş hat bölgelerinde çevre manipüle edilebilir. Örneğin, uçuş hattı ya da piste yakın bir alanda oluşan su birikintisi ya da hendeğin üzeri kapatılarak veya pistten daha uzak bir yere taşınarak hayvanların bu bölgede risk oluşturması önenebilir [7]. Bazen havalimanındaki doğal çevreyi değiştirmek için hiçbirşey yapılmadığı durumlar olabilir. Örneğin, uçakların sürekli olarak kullandıkları pist, taksi yolları ve park alanları beton kaplamadan yapılmaktadır. Bu beton kaplamalı alanlar soğuk havalarda çevresini saran yerlerden daha çabuk ısındığı için özellikle kuşlar için cazip yerler haline gelmektedir. Dolayısıyla böyle durumlarda kuşları kritik uçuş sahalarından uzaklaştırmak için farklı ve aktif yöntemlerin kullanılması gerekebilir [7].

Yabani hayatla ilgili mücadelede genellikle uzun ve kısa dönemli yöntemler kullanılmaktadır. Havalimanı çevresini tel örgüyle çevirmek, su birikintisi ve coğrafi şekillerin yerini değiştirmek, bitki örtüsünü düzenlemek gibi uzun dönemli yöntemler, havalimanı çevresini yabani hayvanlar için cazip olmayan yerler haline getirmeyi amaçlar [23]. Havalimanı içindeki bitki örtüsü boyunun

yönetimi kuş çarpmalarını önlemede etkili bir yöntemdir. Genellikle uzun boylu otlardan oluşan bitki örtüsü kuşların görünürlüğünü azaltmakta ve kuşlarla birlikte bazı sürüngen ve kemirgen hayvanların beslenme ve yuva yapabilmesi için gerekli ortamı sağlamaktadır. Bitki örtüsünün boyu, havalimanının çevresel koşulları doğrultusunda uçuş emniyetini tehdit etmeyecek şekilde belirlenmelidir [24]. Bu konuda literatürde kesin bir ölçü olmamakla birlikte, bitki örtüsü boyunun sivil havalimanları için 15-25 cm, askeri havalimanlarında ise 17-35 cm olması konusunda öneriler görmek mümkündür [25].

Yabani hayat ile ilgili riskleri önlemek için habitat yönetimine odaklanan uzun dönemli yöntemlere ilave olarak kuş ve hayvanları geçici olarak uçuş hattından uzaklaştırabilmek için kısa dönemli aktif yöntemler kullanılmaktadır. Kuş korkutma sesleri, ateşli silahlarla kuşları avlamak, uçuş hattında devriye gezmek, eğitilmiş avcı kuşlar (doğan, şahin vb.) kullanmak, siren sesi ve çoban köpeği gibi kısa dönemli yöntemlerle başta kuşlar olmak üzere hayvanlar uçuş hattından uzaklaştırılabilir [9, 26]. Kuşları korkutmak için kullanılan kısa dönemli yöntemlerin bazı dezavantajları da vardır. Çünkü özellikle kuşlar kendilerini korkutmak için kullanılan siren ve ateşli silah patlaması gibi seslere genellikle 4-6 hafta içinde alışır. Dolayısıyla bu yöntem bir süre sonra etkisini yitirebilir. Ayrıca, korkutma seslerinden önce ve sonra havalimanında kuş varlığının devam etmesi diğer bir dezavantajdır [24]. Geleneksel uzun ve kısa dönemli mücadele yöntemlerine ilave olarak radarla kuş faaliyetlerinin takip edilmesi, lazer ışığı kullanma, uçak gövdesinin beyaz haricinde diğer renklere boyanması, hayvan davranışlarını anlamaya yönelik deneysel çalışmalar gibi teknolojik, yaratıcı ve bilimsel yöntemler yabani hayat riskleri ile mücadelede alternatifler sunabilmektedir [9]. Ayrıca, bütün havalimanı çalışanlarının yabani hayatın doğurduğu riskler ve sonuçları konusunda yüksek bilince sahip olması gerekir. Özellikle uçucular, uçak bakım ve hava trafik çalışanlarının bu konuda eğitilmiş olması söz konusu risklerin raporlanması ve kayıt altına alınmasında önemli katkılar sağlayarak mücadeleyi kolaylaştırır.

Havalimanlarında yabani hayatı yönetim, uçuş faaliyetlerini emniyetli bir şekilde icra edebilmek için kritik bir öneme sahiptir. Bununla birlikte, havalimanı yönetimleri, içinde yaşadıkları çevreyi ve biyolojik çeşitliliği korumak için etik bir sorumluluğa da sahiptir. Çünkü uçuş emniyetine risk oluşturan bazı hayvanlar, soyu tükenmekte olan türlerden olabilir. Bu nedenle havalimanı yönetimleri, uçuş güvenliğini sağlamak adına etik değerlerden uzaklaşarak doğal çevreye zarar vermektен kaçınılmalıdır.

5. Araştırma

5.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Havacılık sektöründe yabani hayatı yönetim konusunda literatür taramasından elde ettiğimiz veriler ışığında yapmış olduğumuz bu araştırmanın amacı, Afganistan'ın başkenti Kabil'de bulunan Hamid Karzai Uluslararası Havalimanındaki (Hamid Karzai International Airport-HKIA) yabani hayatı yönetim uygulamaları ve uçuş emniyetini tehdit eden riskleri incelemektir. Araştırmanın gerçek saha verilerine dayanması ve konuyla ilgili kısıtlı literatüre yapabileceği katkı nedeniyle önem arz ettiği düşünülmektedir.

5.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmamız nitel bir araştırma olup, gözlem, görüşme, doküman incelemesi ve saha taraması gibi nitel veri toplama yöntemleri kullanılarak HKIA'daki yabani hayatı yönetim uygulamaları ve riskleri doğal ortamında gerçekçi ve bütüncül bir biçimde incelenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda uygulama ve riskleri incelerken "niçin, nasıl, ne şekilde" gibi sorulara cevap aranmıştır.

HKIA, güney ve kuzey olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Havalimanının güney bölümünde Afganistan Hükümeti kontrolünde uluslararası sivil yolcu ve kargo taşımacılığı yapılırken; kuzey bölümünde ise Afganistan Hava Kuvvetleri Komutanlığı ve NATO kapsamında faaliyet gösteren çok uluslu HKIA Komutanlığı bulunmaktadır. Araştırma, HKIA Komutanlığı uçuş faaliyetlerinden sorumlu alt başlığı Hava Harekât Grup Komutanlığına bağlı öncelikle yabani hayatı yönetim ve uçuş emniyet birimleri koordinesinde yürütülmüştür. Söz konusu iki birim, HKIA

Komutanlığına bağlı olsa da kuzey ve güney bölümler dâhil bütün havalimanının yabancı hayat ve uçuş emniyeti uygulama ve risklerini takip etmektedir. Araştırma boyunca yabancı hayatı yönetim ve uçuş emniyet çalışanları ile belirli aralıklarla yüz yüze görüşmeler yapılmış, görevlilerin sahadaki çalışmaları ve uçuş emniyeti açısından riskli yerler gözlem ve saha araştırması yöntemleri ile yerinde görülmüş ve doküman analizi ile her iki birimin veri kayıtları ve günlük rutinleri incelenmiştir.

5.3. Araştırmanın Kapsamı ve Kısıtları

Bu araştırma, her iki araştırmacının NATO misyonu kapsamında Afganistanın başkenti Kabil şehrinde bulunan HKIA Komutanlığında görev yaptığı 2018 yılı Şubat ve Temmuz aylarına denk gelen altı aylık süre içinde yapılmıştır. Bu süre içinde hem araştırmacıların hem de yabancı hayatı yönetim ve uçuş emniyet çalışanlarının asli görevleri aksatılmadan belirli ve uygun zamanlarda araştırmanın yürütülmesine dikkat edilmiştir. Araştırma, sadece bu havalimanında belirli zamanlarda yapıldığı ve nitel araştırma olmasından kaynaklı araştırmacıların öznel değerlendirmelerini içerdiğinden dolayı kısıtlar içerebilir.

6. Bulgular ve Tartışma

HKIA yabancı hayatı yönetim biriminin asli görevi, havalimanının içinde ve çevresinde uçuş emniyetini tehdit eden yabancı hayatın ortaya çıkardığı riskleri ortadan kaldırmaktır. Bu birimin ikinci görevi ise asli görevini etkin olarak yapabilmek için havalimanı ve yakın çevresinde bulunan kuş, memeli hayvan, sürüngen, kemirgen ve bitki örtüsünü kategorize etmek ve bu türler hakkında araştırmalar yapmaktır. Bu kapsamda araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda HKIA'da yabancı hayat ile ilgili uygulama ve riskler; kuşlar, kara hayvanları, bitki örtüsü ve diğer olmak üzere dört başlık altında ele alınmıştır.

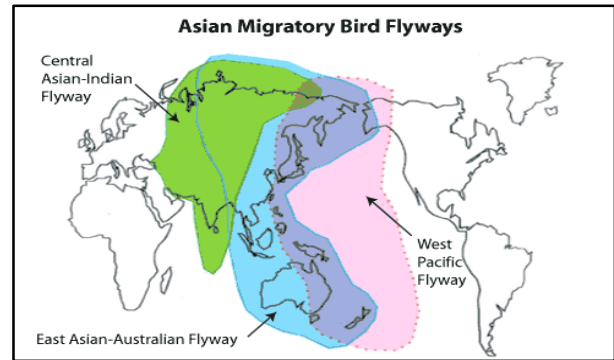
6.1. Kuşlar ile İlgili Uygulamalar ve Riskler

6.1.1. Uygulamalar

Dünyanın her yerinde olduğu gibi kuşlar, Afganistan'ın başkenti Kabil'de bulunan HKIA'yı da uçuş emniyeti açısından tehdit etmektedir. Araştırmamız sırasında Afganistan'da kuş türlerini

incelemek ve sınıflandırmak için geniş kapsamlı bir araştırmanın yaklaşık günümüzden elli yıl önce yapıldığı; iklim ve çevresel koşullarda meydana gelen değişimler nedeniyle Kabil ve çevresinde yaşayan kuş türlerinde önemli değişimler olduğu görülmüştür. Afganistan'daki yabancı türler hakkında sahip olunan bilgiler her ne kadar güncel olmasa da günümüzde 500'e yakın kuş türünün Afganistan'da yaşadığı bilinmektedir.

Afganistan dolayısıyla Kabil şehri coğrafi konum olarak Orta Asya-Hint Kuş Göç Yolu (Central Asian-Indian Flyway) üzerinde bulunmaktadır. Orta Asya-Hint Kuş Göç Yolu, Kuzey Buz Denizinden Hint Okyanusuna kadar uzanan, güneyde bazı takımadaları da içine alan ve Avrasya bölgesinde büyük bir kıtasal alanı kapsayan bir göç yoludur (Şekil 4). Bu göç yolu Asya'nın büyük bölümü ve Kafkasya'yı da içine alıp, 30 ülkeyi kapsayarak dünya üzerindeki 279 su kuşu türünden 182'sini içinde barındırır. Bu türlerden 29 tanesi tehlike altındaki kuşlardır [27]. Kuzey Asya'dan hareket edip Orta Asya-Hint Kuş Göç Yolu ile güneye inmeye çalışan kuşların çoğunluğu Kabil şehri üzerinden geçmektedir.



Şekil 4. Orta Asya-Hint kuş göç yolu [28]

HKIA'daki aylık ve haftalık kuş faaliyetlerinin gösterildiği Tablo 1'e göre, kuşların mevsimsel göç hareketlerinin bahar ve sonbahar aylarında gerçekleştiği, bahar aylarındaki göçün sonbahara göre daha hızlı olduğu ve her iki dönemde de önce küçük, sonra büyük kuşların HKIA üzerinden geçtiği görülmüştür. Kasım ve Şubat ayları arasında kuşlar, soğuk havanın etkisinden korunmak için yüksek irtifalardan daha düşük irtifalara inmektedir. Bu nedenle bu aylarda uçuş hattında kuş hareketliliğinin arttığı görülmüştür. Yaz mevsimi kuşların üreme dönemi olduğu için bu dönemde kuş

sayısı yaklaşık beş kata kadar artmaktadır. Bu veriler ışığında kuşların mevsimsel ve irtifaya bağlı göç faaliyetleri ve üreme davranışları nedeniyle yılın her döneminde HKIA’da risk oluşturduğu söylenebilir.

Tablo 1. HKIA’da görülen kuş faaliyetleri [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Aylar	Mevsimsel Gök Zamanı	İrtifaya Bağlı Gök Zamanı	Üreme Zamanı
Ocak			
Şubat			
Mart			
Nisan			
Mayıs			
Haziran			
Temmuz			
Ağustos			
Eylül			
Ekim			
Kasım			
Aralık			

HKIA yabancı hayatı yönetim birimi, kuşlarla mücadele konusunda diğer havalimanları ile karşılaştırıldığında gerekli ve yeterli önleme yöntemlerini kullanmakta kısıtlar yaşamaktadır. Bunun nedeni, Afganistan şartlarındaki imkânların sınırlı ve HKIA Komutanlığını belirli bir süre ve sırayla yürüten NATO ülkelerinin finansal kaygılar nedeniyle bu konudaki hassasiyetlerinin farklı olmasıdır. Bununla birlikte kuşlarla mücadele etmek için habitat kontrolü, böcek ilaçlama, kuşların tünemesini engelleyici ekipmanlar, lazer ışığı, uçuş öncesi devriye gezme, siren sesi gibi yöntemlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Kuşları uçuş hattından uzaklaştırmak için sabit kuş korkutma ekipmanları yerine gezici devriye arabalarının siren sesleri kullanılmaktadır. Bunun nedeni, uçakların iniş yönü ile havalimanındaki kuş varlığı sayısı ve yerinin değişiklik göstermesidir. Gezici devriye araçlarının böyle durumlarda daha etkili bir mücadele yöntemi olduğu görülmüştür. Ayrıca, Kabil çevresindeki göl ve sulak alanlardan gelen su kuşlarının gece faaliyetlerini takip etmek için yakın gelecekte bir radar cihazının kullanılacağı belirtilmiştir. Kuşlarla mücadele

etmede kullanılan alternatif yöntemlerden biri olarak yabancı hayatı yönetim biriminin 3 adet avcı şahin alma projesinin maddi sebeplerden (6 ay için 58000 Euro) dolayı askıya alındığı görülmüştür.

• **Kuş Gözlem Durumu**

HKIA’da kuş faaliyetleri gözlem durumu her sabah yerel saat 9’a kadar rapor edilmektedir. Hava Trafik Bilgi Sistemine yüklenen bu rapor, yabancı hayatı yönetim birimi tarafından gün içinde sürekli olarak güncellenmektedir. Kuş gözlem durumunun kritikliği, kuşların sayısı ve büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir.

	KÜÇÜK Kırlangıç, Serçe	ORTA BOY Martı, Karga	BÜYÜK Akbaba, Kaz, Lylek
	≤ 75 gr	76 – 700 gr	701 gr +
Çok Sayıda veya Sürü Halinde	ORTA Çarpma Olasılığı Yüksek Hasar Olasılığı Var	KRİTİK Çok Sayıda Çarpma İhtimali Yüksek Hasar Olabilir	KRİTİK Çok Sayıda Çarpma İhtimali Yüksek Ciddi Hasar Olabilir
Orta Sayıda	DÜŞÜK Çarpma Olasılığı Orta Hasar İhtimali Yok	ORTA Çarpma Olasılığı Orta Hasar İhtimali Var	KRİTİK Çarpma Olasılığı Yüksek Hasar İhtimali Güçlü
Az Sayıda veya Tek Başına	DÜŞÜK Çarpma Olasılığı Düşük Hasar İhtimali Yok	DÜŞÜK Çarpma Olasılığı Düşük Çarpma Olursa Hasar İhtimali Var	ORTA Çarpma Olasılığı Düşük Çarpma Olursa Hasar Verir

Şekil 5. Kuş gözlem referans grafiği [Yabancı hayatı yönetim biriminden elde edilmiştir.]

HKIA’da kullanılan ve Şekil 5’de görülen referans grafiğe göre tek bir serçe, büyük bir kuş çarpması riski değildir. Ancak, sürü halinde bulunan serçeler uçuş emniyeti için büyük risk oluşturabilir. Bununla birlikte telli turna gibi tek başına büyük bir kuş, pistin yanındaysa ciddi bir risk oluştururken, havalimanına yakın ya da daha dış kısımda ise yüksek risk teşkil etmeyebilir. Belirli zamanlarda, kuşların çeşitli nedenlerden dolayı yoğun sürüler halinde olmaya zorlandığı görülmüştür. Örneğin, HKIA’da kış döneminde uçuş hattına yağın karın temizlenmesi sırasında pistin bitişiğindeki kardan temizlenen yerler, kuşların beslenebileceği yegâne yerler haline gelmektedir. Pistin hemen yanındaki bu toprak alana sığılmaya çalışan kuşlar, yoğun bir sürü oluşturmakta ve uçuş emniyetini tehdit etmektedir. Diğer taraftan yırtıcı bir kuştan kaçmaya çalışan








küçük kuşların farklı şekil ve yoğunlukta anlık sürüler oluşturduğu da tespit edilmiştir.

Kuş gözlem durumu olarak hangi gün hangi kategorinin uygulanacağı yabani hayati yönetim biriminin değerlendirmesine göre belirlenmektedir. Yukarıdaki referans grafiğin kullanılmasının, hem bu değerlendirmenin yapılmasında, hem de uçuş ekibinin Hava Trafik Bilgi Sistemi verilerine dayanarak verecekleri kararlar sırasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

• Kuş Türlerini Tanıma Programı

Yabani hayati yönetim birimi, kuş gözlem durumu raporunu hazırlarken havalimanı içi ve çevresindeki kuş türlerini iyi tanıması gerekir. Bu nedenle kuş türlerini sınıflandırmaya yardımcı olmak amacıyla Kuş Türlerini Tanıma Programı tasarlanmıştır. Bu program ile kuşlar, uçuş emniyetine etkisi açısından öncelikli ve öncelikli olmayan türler olarak sınıflandırılmaktadır. Öncelikli türler, havalimanı içinde uçuş emniyetini doğrudan etkileyen ve uçuş hattından derhal uzaklaştırılması gereken türlerdir. Öncelikli olmayan türler ise genellikle uçaklar için herhangi bir tehlike arz etmeyen çalı ve ağaçlarda yaşayan uçuş hattını işgal etmeyen türlerdir. Bazen bu programa dâhil edilmemiş ama havalimanında görülen kuşları tanımlamak için Afganistan'a yakın coğrafyada yaşayan (Orta Doğu, Himalayalar veya Orta Asya) türleri tanımlayan saha rehberlerine bakıldığı görülmüştür.

Kuş türlerini tanıma programında, türlerin davranışları ve bu türleri uçuş hattından uzak tutmak için kullanılması gereken caydırıcı ve dağıtıcı yöntemler hakkında açıklamalar bulunmaktadır. Takip edilen kuş türleri özel bir korumaya sahip ya da soyu tükenmekte olan türlerinden biri ise bu programda belirtilmektedir. Kabil ve çevresinde bulunan kuş türlerini tanımlamak için kullanılan ölçütlerden bazıları aşağıda Şekil 6'da gösterilmiştir.

Görünüm ve Duruşuna Göre			
	Upright, Slender Dik ve Narin Yapılı	Horizontal, Stocky Yatay ve Tıkız Yapılı	Horizontal, Slender Yatay ve Narin Yapılı
Boyutlarına Göre			
	Küçük < 100 mm	Orta 100 - 250 mm	Büyük 250 - 500 mm
			
			Çok Büyük > 500 mm

Şekil 6. Kuşları tanımlamada kullanılan ölçütler [Yabani hayati yönetim biriminden elde edilmiştir.]

• Kuş Çarpması Olaylarına Müdahale

Bir kuş çarpması olayı rapor edildiğinde yabani hayati yönetim birimi olayı derhal araştırmaktadır. Rapor hava trafik, uçuş emniyet, uçuş, uçak bakım veya yer personeli tarafından bildirilebilir. Böyle bir durumda Kuş Çarpması Rapor Formu hemen ve olabildiğince en doğru bilgilerle doldurulmalıdır. Bu bilgiler şunlardır: uçak tipi, uçağın seri numarası, uçuş ekibinin isimleri, çarpmanın uçuşun hangi aşamasında olduğu, çarpmanın olduğu yer (biliniyorsa), çarpma zamanı (yerel saat), kuşun uçağın neresine çarptığı, ortaya çıkan hasar, çarpmanın uçuş emniyetine etkisi, kuşun türü, çarpmaya sebep olan kuş sayısı, çarpma sırasındaki kuşların davranış tarzı (yemlenme, uçma, dinlenme vb.) ve çarpmayı bildiren personelden alınan diğer bilgiler. Bu bilgiler rapor formuna kaydedilir ve daha fazla bilgiye ulaşmak amacıyla uçuş ve yer ekibi ile ayrıntılı bir şekilde görüşüldükten sonra yabani hayati yönetim birimi uçağın ilgili yerlerini sırasıyla kontrol eder. Bu yerler, motorlar, pervaneler, kokpit camı, kanatlar, kuyruk kısmı ve iniş takımlarıdır. Kuş çarpmasından geriye kalan ve önemsiz gibi görünen tüy ya da iz tüm kalıntılar toplanır. Çünkü bu kalıntılar çarpmaya neden olan kuş türünü belirlemede önemli ayrıntılar içerebilir. Bu kalıntılar mühürlü ve korumalı bir torbaya konulur ve torba üzerine olayla ilgili gerekli bilgiler yazılarak yabani hayati yönetim ofisine götürülür.

Kuş çarpması olayı rapor edildikten sonra pist hemen kontrol edilmektedir. Yapılacak bu kontrol kuş çarpmasının ciddiyetini belirlemekle birlikte,

başka gerçekleri de ortaya koyabilir. Örneğin, pistte tamamen hasar görmüş bütün halde bir kırlangıç ya da serçenin bulunması, bu çarpmanın uçağın gövde ya da kanat kısmında meydana gelebileceğini gösterirken; uzun bacaklı bir şahine ait çok sayıda parçanın pist veya civarında bulunması bu kuşun motor tarafından yutulduğunun göstergesi olabilir. Pist kontrolü sırasında yabancı hayatı yönetim biriminin tecrübesi ve olayı değerlendirme tarzının kuşların oluşturduğu risk ve sonuçlarını belirlemede önemli etkenler olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle kuşların göç ettiği zamanlarda yabancı hayatı yönetim birimi daha dikkatli olmaktadır. Çünkü göç sırasında yorulan göçmen kuşlar, kendilerine yaklaşan yırtıcılara karşı daha iyi bir görüş açısı sağlamak amacıyla havalimanında pist ya da taksi yollarının kenarlarına inebilmektedir. Hatta bu yorgun kuşların bir kısmı ölebilir. Bulunan bu ölü kuşlar kuş çarpması kapsamına girmemektedir. Bu ölü kuşların kuş uçak çarpması sonucu olduğunu anlamak için tüyleri yolunarak vücutları morarma yönünden kontrol edilir. Eğer koyu bir morluk görülürse bu kuş ölümünün çarpmadan dolayı olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, havalimanı içindeki araçların çarpması ve uçakların iniş ve kalkışında oluşan türbülans nedeniyle pist çevresinde ölü kuşlar görülebilir. Bazı durumlarda uçakların oluşturduğu bu türbülansın köpek büyüklüğündeki bir hayvanı yaralayabilecek hatta öldürebilecek bir etkiye sahip olduğuna tanık olunmuştur.

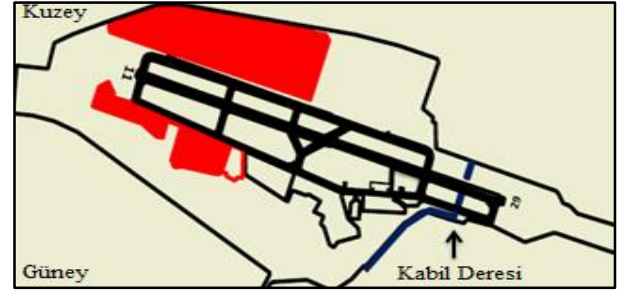
6.1.2. Riskler

HKIA'da birkaç yer, kuşları kendine çekerek uçuş emniyeti için risk oluşturması nedeniyle önem arz etmektedir.

- **Kabil Deresi**

Şekil 7'de görülen Kabil Deresi (Kabul Creek) havalimanına girdikten sonra batı-doğu yönünde ilerler ve sonrasında güneyden kuzeye doğru akmaya devam eder. Kuzey tarafta tekrar ortaya çıkmadan önce pistin altından geçtiğinden dolayı riskli bir yer haline gelmektedir. Kabil Deresinde birkaç kuş türüne rastlanmasına rağmen, havalimanı

inde kuş çarpması olaylarının olduğu en riskli yerdir.



Şekil 7. HKIA krokisi ve Kabil Deresi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Kabil Deresi ve pistin kesiştiği yerde, pistin her iki kenarında ve derenin 1-1.5 metre üzerinde uçan sinek ve böcekleri avlamak isteyen özellikle sürü halindeki kırlangıçlar, uçuş emniyetini riske sokmaktadırlar. Çünkü kırlangıçlar ve bazı kuş türleri derenin bir tarafında avlandıktan sonra avlanmaya devam etmek için derenin karşı tarafına pisti katederek geçmeye çalışmaktadırlar. Kuşların pisti geçerek dere üzerindeki bu avlanma davranışı, özellikle uçakların iniş ve kalkışları sırasında büyük risk oluşturmaktadır (Şekil 8). Pist üzerinden geçiş sırasında kuşların yerden yüksekliği ile bazı uçakların (Boeing 737, Airbus 319 vb.) motor hava girişlerinin merkezinin yerden yüksekliği aynı mesafededir. Bu nedenle kuşların beslenme amaçlı yaptıkları pistin karşısına geçme davranışının, özellikle uçak motorları için büyük risk oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 8. Kabil Deresi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Kabil Deresinin yarattığı bu sorunu çözmek için derenin üzerini bir ağ ile ya da tamamen kapatılması ideal bir çözüm gibi görünmektedir. Ancak, büyük olasılıkla ortaya çıkartacağı maliyet nedeniyle geçmişte gündeme gelen böyle bir çözüm önerisinin reddedildiği araştırmamız sırasında tespit edilmiştir. Bununla birlikte dereye yaşayan böcek sayısını

azaltmak, buraya avlanmak için gelen kuş sayısını da azaltabilir. Derenin pistin altından geçtiği noktada zamanla atık ve çöp yığını oluşmaktadır (Şekil 10). Yabani hayatı yönetim birimi tarafından bu atık yığını haftada bir temizlense de özellikle plastik ve cam şişelerden oluşan atıklar, böcek larvalarının üremesi ve gelişmesi için uygun ortam sağlamaktadır.



Şekil 10. Kabil Deresindeki atık yığını [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Bu atıkları düzenli aralıklarla ilaçlamak bir başka çözüm önerisi olarak düşünülebilir. Ama bu çözümün, Kabil Deresinden beslenen tarımsal alanlara zarar verme ihtimali vardır. Bu gibi durumlarda çevreye duyarlı biyolojik bir kontrol türü olan BTİ (Bacilla Thuringiensis Israelensis) bakterisinin kullanılması uygun olabilir. Bu bakteri grubu, larva aşamasındaki organizmaları kontrol etmek amaçlı kullanılan biyolojik kontrol ajanlarıdır. BTİ'ler, diğer organizmaları hemen hiç etkilemeden, çeşitli sivrisinek, mantar ve karasinek türlerini öldürmede etkili olan toksinler üretir [29].

• Ariana Bakım Hangarı

Havalimanı Apron 3'ün güney ucunda bulunan Ariana bakım hangarı kuşların hem konaklama hem de yuva yapmak amacıyla tercih ettiği cazip bir yerdir (Şekil 11). Çok sayıda mina (myna) kuşunu burda görmek mümkündür. Bu hangarda görülen çok sayıdaki kuş varlığı, uçuş emniyetini doğrudan etkilemese de, söz konusu kuşların bu hangarı havalimanının başka yerlerine geçmek ya da yuvalarını taşımak amaçlı bir geçiş noktası olarak kullandığı görülmüştür. Ayrıca, hangar içinde bakım yapılan uçakların gövde ve kontrol yüzeylerine kuşların yuvalarını taşıma ihtimalinin olduğu ve Afgan uçak bakım çalışanlarının bu riske karşı önlem almadığı tespit edilmiştir.



Şekil 11. Ariana bakım hangarı [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

• Su Baskımına Meyilli Yerler

Kabil Deresi su yatağına yakın iki alan su baskımına meyilli yerlerdir. Şiddetli yağmurlardan sonra özellikle ilkbahar ve sonbahar kuş göçü sırasında bu yerler, çeşitli su kuşlarının tercih ettiği yerler haline gelmektedir. Bu nedenle sürekli kontrol altında tutulması gereken alanlardır. Bu alanlardaki uçuş emniyet riskini azaltmak için drenaj çalışması yapmak, ideal bir önlem olabilir.

Araştırmamız sırasında son 10 yıl içinde HKIA'da meydana gelen kuş çarpması olayları incelenmiştir. Tablo 2'ye göre son 10 yılda en fazla kuş çarpması olayının 2009 ve 2013 yıllarında meydana geldiği, son 3 yılda çarpma olaylarının azaldığı, Nisan ve Ağustos ayları arasında çarpma sayısının arttığı ve bazı çarpmaların uçakların (C 130, B 767, A 320, B 747, B 757) gövde, kanat, kokpit camı, motor fan paleti, iniş takımı gibi parçalarını hasarladığı görülmüştür. Bu çarpmalara neden olan kuşlar ise serçe, güvercin, tarla kuşu, kerkenez, martı, doğan, şahin, baykuş ve ibibik gibi türlerdir.

Tablo 2. 10 yıllık kuş çarpması olayları [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Yıllar	Kuş Çarpması
2008	7
2009	32
2010	23
2011	11
2012	17
2013	32
2014	23
2015	18
2016	17
2017	17
Toplam	219

6.2. Kara Hayvanları İle İlgili Uygulamalar ve Riskler

6.2.1. Uygulamalar

HKIA'da kuşlardan sonra uçuş emniyetine risk oluşturan en önemli hayvan köpeklerdir. ICAO'ya [8] göre havalimanlarının etrafı kara hayvanlarının uçuş hattına girmesini engellemek amacıyla tel örgü ile çevrilmesi gerekmektedir. HKIA'nın etrafını çeviren tel örgülerdeki yırtık ve hasarlar, havalimanı yanındaki yerleşim yerlerinden köpeklerin kolayca uçuş hattına girmesine neden olmaktadır (Şekil 12). Yırtık tel örgülerinden içeri giren köpekler özellikle yiyecek bulmak için çöp kutuları etrafında dolaşmakta ve bilinçsiz personel tarafından beslenmektedir. Bu nedenle köpekleri uçuş hattından uzaklaştırma çabaları, çoğu zaman sonuçsuz kalmaktadır.



Şekil 12. Yırtık tellerden köpek geçişi [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

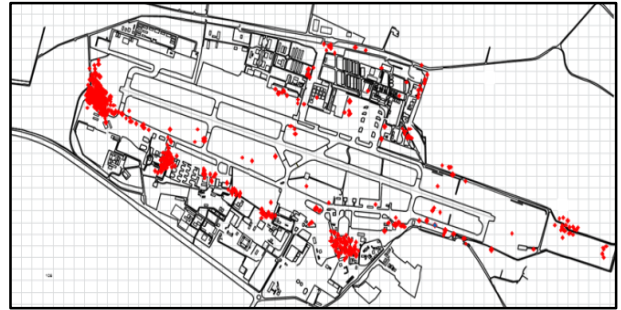
Afganistan, yaklaşık olarak 40 yıldır görmüş olduğu savaş ve iç çekişmelerden dolayı güvenlik riskinin yüksek olduğu bir ülkedir. Bu nedenle havalimanının etrafı kontrolü sağlanamayan ve güvenlik riski içeren yerlerden oluşmaktadır. Bu yerlerde umulmadık bir anda meydana gelen araç ya da intihar saldırılarının oluşturduğu bir patlama köpekleri korkutmaktadır. Patlamadan kısa bir süre sonra uçuş hattında koşan köpekler oldukça sık görülmektedir. Yabancı hayatı yönetim birimi sadece havalimanı içindeki önlemlerden sorumlu olduğu için havalimanının dışında kalan bölge kontrolsüz ve güvenlik riski içermesi nedeniyle uçuş emniyetini dolaylı olarak etkilemektedir.

2013-2016 yılları arasında havalimanında 2544 köpeğin yabancı hayatı yönetim birimi tarafından uçuş hattından uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir. Bu kadar sayıda köpek 2544 kaza potansiyeli demektir. Bu rakam yıllık 636 ve günlük 1.75 köpek olayına denk gelmektedir. Bu veriler ışığında HKIA'da

köpeklerden dolayı hergün bir kaza yaşanmasının muhtemel olduğu ve bu sorunun yırtık tel örgüler ve bilinçsiz çalışanlar nedeniyle gelecekte de devam edeceği söylenebilir.

HKIA'da yabancı hayat hareketlilik haritası, hayvanların hareketli olduğu alanların otomatik olarak hesaplanmasını sağlayan bir excel programı arka planının üzerine yerleştirilmiştir. Tespit edilen hareketlilik, bu programda üst üste konularak yüksek riskli yerler tespit edilmekte ve objektif veri sağlanmaya çalışılmaktadır. Böylece yabancı hayatı yönetim birimi yabancı hayvan türlerinin en çok nerelerde görüldüğünü tespit edebilmektedir.

Bu haritalara bir örnek olarak 2016 yılı köpek hareketliliği haritasının görüldüğü Şekil 13'de, Afgan Hükümeti kontrolündeki havalimanının güney ve güneybatı kısmında köpek hareketliliğinin yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun sebebi, yerleşim yerlerinin bu bölgeye yakınlığı, tel örgülerin burada yetersiz ve hasarlı olması, bu bölgede çalışanların uçuş emniyeti farkındalığının az olması nedeniyle köpekleri beslemesi ve kontrol edilemeyen girişlerden köpeklerin kolayca girmesi olarak tespit edilmiştir.



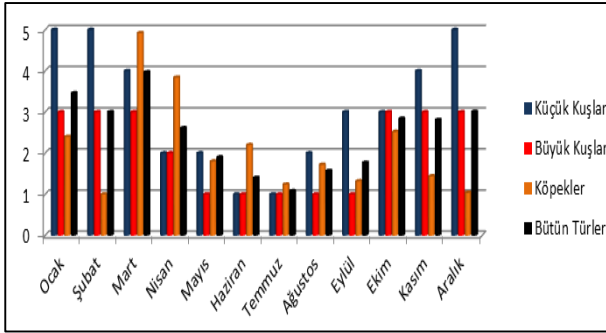
Şekil 13. 2016 yılı köpek hareketliliği haritası [Yabancı hayatı yönetim biriminden elde edilmiştir.]

Yabancı hayatı yönetim birimi, havalimanında dolaşarak uçuş emniyetini riske sokan köpekleri kement ve tuzaklarla yakalayıp uçuş hattından uzaklaştırmaya çalışmaktadır (Şekil 14). Ayrıca, havalimanı çalışanları, köpekleri beslememe konusunda sürekli olarak ikaz edilmektedir.



Şekil 14. Tuzakla köpek yakalama[Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

HKIA'da yabani hayatı yönetmek için hayvan davranışları ve hareketliliği konusunda düzenli ve doğru veriler toplanmaktadır. HKIA'da uçuş emniyetini etkileyen ve aylara göre gözlemlenen köpek hareketliliğinin diğer türlere göre karşılaştırması Şekil 15'de gösterilmiştir.



Şekil 15. Hayvan hareketliliğinin karşılaştırılması [Yabani hayatı yönetim biriminden elde edilmiştir.]

Şekil 15 incelendiğinde öncelikle küçük kuşların yıl boyunca en fazla hareketlilik gösteren tür olduğu ve bu hareketliliğin sonbahar ve kış döneminde daha da arttığı görülmüştür. Büyük kuşların hareketliliği küçük kuşlara oranla daha azdır. Köpekler ise kuşlardan sonra uçuş emniyetini etkileyen ikinci hayvan grubu olup, bu hareketlilik Mart ve Nisan aylarında yoğunlaşmaktadır. Kuş ve köpekler haricindeki diğer türler ise tilki, kemirgenler ve yılanlardır. Yılanların Haziran ve Eylül aylarında hareketli olduğu görülmüştür. Bu yılan türleri genellikle zehirli olmayan çöl tipi türlerdir. 2010 yılından beri sadece iki tane zehirli yılan türü, havalimanının güney bölümünde görülmüştür.

HKIA'da köpeklerle mücadelenin yanısıra, uçuş emniyetine risk oluşturan ve yırtıcı kuşlara av olan kemirgenleri ve böcekleri önlemek amacıyla havalimanında çeşitli yerlere tuzaklar kurulmakta

ve ilaçlama faaliyetleri yapılmaktadır. Kemirgen tuzakları ayda en az bir defa kontrol edilmektedir. Özellikle kış mevsiminde insanların yaşadığı alanlarda kemirgen hareketliliğinin arttığı görülmüştür. Kış mevsiminde iklim koşulları nedeniyle kemirgenlerin insanların yaşadığı alanlarda yiyecek arayışına çıkmaları bu hareketliliğin önemli bir nedeni olabilir. Havalimanındaki tüm çöp konteynerleri böcek üremesini önlemek amacıyla tatil olan Cuma günü hariç hergün ilaçlanmaktadır. Böceklerin yapılan ilaçlamaya karşı direnç kazanmaması için kullanılan ilaçlar düzenli olarak değiştirilmektedir. Uçuş hattında kuşları kendine çeken böcek varlığını önlemek için Mayıs ve Ağustos ayları arasında düzenli ilaçlama yapıldığı, ayrıca sivrisinekleri engellemek amacıyla özellikle yaz mevsiminde tüm havalimanının belirli aralıklarla ilaçlandığı görülmüştür.

6.2.2. Riskler

HKIA'da köpek ve diğer kara hayvanları açısından uçuş emniyetini riske sokan yerlerden önemli olanları aşağıda ele alınmıştır.

• Apron 6 ve 10 Arasında Kalan Bölge

Bu bölge, uzun süren savaş döneminden kalma mayın ve mühimmattan tam olarak arındırılmadığı için riskli bir bölge olup, bitki örtüsü kontrol edilememektedir (Şekil 16). Bu durum istenilmeyen bir durum olmakla birlikte, yönetilen ve yönetilemeyen bitki örtüsü ve yabani türleri karşılaştırmak bakımından yabani hayatı yönetim birimine imkân sağlamaktadır. Çünkü bu bölgede yaşayan küçük memeli ve sürüngen türlerinin sayısı diğer bölgelere göre daha fazladır. Bu nedenle bu türleri avlamak isteyen yırtıcı kuşlar burada daha çok görülmektedir. Ayrıca bu bölgede bitki örtüsü kontrol altında olmadığından, köpekler burada rahatlıkla saklanabilmektedir.



Şekil 16. Apron 6 ve 10 arasında kalan bölge [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Bu bölge, piste olan uzaklığı nedeniyle uçuş emniyeti açısından doğrudan bir risk oluşturmamakla birlikte yabancı hayvanların havalimanının diğer bölgelerine geçmesine imkân sağlamaktadır. Bölgedeki yabancı türlerin azaltılması konusunda kısa ve orta dönemde yapılacak bir şeyin olmadığı görülmüştür.

- **Apron 2 Bravo ve Papa Bölgesi**

Bravo bölgesi uzun zamandır köpekler tarafından bir geçiş noktası olarak kullanılmaktadır. Bu bölgedeki tel örgüler eskiye nazaran günümüzde daha iyi durumda olsa da köpek geçişi hala devam etmektedir. Bu bölgede bulunan ve çoğu zaman kapakları açık kontrolsüz çöp konteynerleri köpekleri kendine çekmektedir.

Papa bölgesi, çevre tel örgülerinin hasarlı olmasından dolayı köpekler tarafından havalimanına geçiş için sıkça kullanılan bir yerdir. Güvenlik sorunlarından dolayı bu bölgenin güneyinde köpek geçişlerini takip etmek zorlaşmaktadır. Bu bölgede tel örgülerin sürekli kontrol edilmesi ve yırtık tel örgülerin tamiri, bu sorunun çözümüne önemli katkı sağlayabilir.

- **Apron 9 Bölgesi**

Bu bölge yükseltilmiş bariyer tipi bir giriş sahıptir. Bu nedenle buradan köpeklerin geçişi kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda Apron 9'a yakın çöp alanlarının olması bu bölgeye köpeklerin gelmesine ve buradan uçuş hattına geçmelerine neden olmaktadır. Tüm uyarılara rağmen bu bölgede çalışanların, köpekleri bilinçli bir şekilde beslemesi ve bu konuda duyarsız davranmaları

nedeniyle bu bölgenin 2010 yılından beri önemli bir köpek geçiş noktası olduğu tespit edilmiştir.

Son 10 yıl içinde meydana gelen kara hayvanları ile ilgili çarpmalara bakıldığında en fazla çarpmanın 2010 yılında meydana geldiği, kara hayvanları ile ilgili çarpmaların kuşlarla kıyaslandığında oldukça az olduğu görülmüştür (Tablo 3). Toplam 22 çarpmadan 9'u köpek, 7'si tavşan, 5'i kirpi ve 1'i tilki çarpmasıdır. HKIA'da günlük köpek hareketliliğinin yoğun olmasına rağmen, son 10 yıl verilerine göre çarpma sayısının az olmasında yabancı hayatı yönetim biriminin bu hareketliliği önlemek amacıyla yaptığı çalışmaların etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 3. 10 yıllık kara hayvanı çarpması olayları [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Yıllar	Hayvan Çarpması
2008	-
2009	4
2010	9
2011	1
2012	2
2013	1
2014	3
2015	-
2016	1
2017	1
Toplam	22

6.3. Bitki Örtüsü İle İlgili Uygulamalar ve Riskler

HKIA'da 2010 yılına kadar çevre ve bitki örtüsü yönetimi konusunda bir kontrolün olmadığı görülmüştür. Bitki örtüsünün kontrol edilemediği bu dönemde havalimanının bitki örtüsünü çoğunlukla deve dikenini (camel thorn) denilen bir bitki türü oluşturmaktaydı (Şekil 17). Bununla birlikte havalimanı içinde kullanılmayan birçok ekipman (reflektör, işaret direkleri vb.) uzun süredir bulunduğu yerde kalmış ve sökülmemiştir.



Şekil 17. Deve dikenini [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

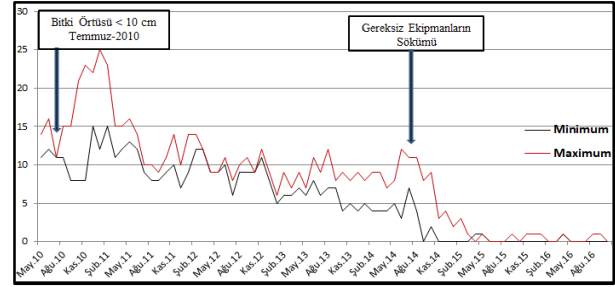
Kontrol edilemeyen bu bitki örtüsü kemirgenler özellikle uzun kuyruklu Arap tavşanları (long-tailed jerboas) için cazip bir çevre haline gelmiştir. Kullanılmayan fazla ekipmanlar ise şahin ve doğan gibi yırtıcı kuşların hem yuva yapmasına hem de avlanmasına imkân sağlamaktaydı (Şekil 18).



Şekil 18. Havalimanındaki fazla ekipmanlar [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Kuşlar ve diğer yabancı türlerin havalimanına gelme ve kalma nedenlerini anlamak, bu sorunu çözmek için alınacak önlemlerin neler olması gerektiği konusunda yardımcı olacaktır. Bu mantıkla hareket eden yeni yabancı hayatı yönetim birimi, 2010 yılından sonra havalimanının kontrolsüz çevresini kontrol altına alarak eskiye nazaran oldukça başarılı sonuçlar elde etmiştir. Bu kapsamda öncelikle bitki örtüsünün boyu 10 cm'nin altına düşürülmüştür. Bunun sonucunda havalimanındaki kemirgen ve bu kemirgenleri avlamak isteyen yırtıcı kuş sayısı artmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Uzun süredir yerinde bulunan fazla ekipmanların sökülmesi yırtıcı kuşların bu yerlere yuva yapma imkânını ortadan kaldırmış ve avlanmaları için daha fazla enerji sarf etmelerine neden olmuştur. Yapılan bu uygulamalarla ilk başta yabancı türlerin sayısının arttığı görülse de bu sayı zaman içinde azalmıştır (Şekil 19). Az sayıda görülen bu yabancı türlerin ise

daha çok patlamamış mühimmat ve güvenlik riski nedeniyle bitki örtüsü kontrol edilemeyen havalimanının batı tarafında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 19. 2010-2016 arası azalan şahin sayısı [Yabancı hayatı yönetim biriminden elde edilmiştir.]

6.4. Diğer Uygulamalar ve Riskler

HKIA'da uçuş emniyetini doğrudan tehdit eden ve yabancı hayatı yönetim biriminin sorumluluk alanında olan risklerden bir diğeri uçurtmalardır. Afganistan'da uçurtma uçurmak ya da Afgan dili Darice'deki adıyla **Gudiparan Bazi** en popüler açık hava sporlarının başında gelmektedir. Yüzyıldan fazla bir süredir Afganlar neredeyse ülkenin her yerinde uçurtma uçurarak bu maliyeti düşük spor ya da sosyal faaliyete milli bir kimlik kazandırmışlardır [30].

Afgan uçurtmalarını ölçüsü 30-120 cm arasında değişmekte ve değişik şekillerde olabilmektedir. Afganlar, dayanıklı ve hafif uçurtma yapmak amacıyla bambudan tele kadar birçok farklı malzeme kullanmaktadırlar. Birçok Afgan tarafından uçurtma uçurmak, bir sanat ve saygı kazanmanın sembolü olarak görülmektedir. Düzenlenen yarışmalarda birbirleriyle kıyasıya mücadele ederek karşı tarafın uçurtmasını kendi uçurtmasıyla kesmeye çalışanlara **uçurtma savaçsısı** denilmektedir. Üzeri cam parçalarıyla kaplı hafif bir telden oluşan uçurtma ipleri sayesinde uçurtma savaçsıları rakiplerinin uçurtma iplerini kesmeye ve onları mağlup etmeye çalışmaktadırlar. Bu uçurtma yarışlarında galip gelen yarışmacı büyük saygı görünürken kaybedenler ise utanç duymaktadır [30].

Uzun yıllar boyunca Afganlar için önemli bir sosyal ve sportif faaliyet olan uçurtma uçurmak Taliban Hükümetinin Afganistan'ı yönettiği 90'lı yıllarda kanuni olarak yasaklanmıştır. Taliban Hükümetinin yıkılmasından sonra tekrar herkes

tarafından sevilerek yapılan yasal bir faaliyet haline gelmiştir. Uçurtma uçurmak için en uygun günler hafta sonu olan Perşembe ve Cuma günleridir. En uygun mevsim ise sonbahardır. Sonbaharda esen rüzgârlar nedeniyle her yaş grubundan Afgan, keyifli anlar yaşamak amacıyla bir araya gelerek açık alanlarda ya da evlerinin çatısında uçurtma uçurmaktadırlar [31].

Özellikle baharın gelişini sembolize eden ve 21 Martta kutlanan Nevruz Bayramı ve devamındaki günlerde uçurtma yarışmaları yoğunlaşmaktadır. Başkent Kabil semalarında her an uçan uçurtmalar görmek mümkündür. Afganların kültürel olarak uçurtmaya olan merakı HKIA'daki uçuş faaliyetlerinin aksamasına neden olmaktadır. Çünkü özellikle yukarıda bahsettiğimiz dönemlerde havalimanının hemen bitişiğindeki yerleşim yerlerinde uçurtma uçurulmakta ve yarışlar yapılmaktadır. Bu faaliyetler sırasında ipi kopan uçurtmalar havalimanı içine düşmekte veya uçurtmalar havadayken uçakların uçuş emniyetini tehlikeye atmaktadır. Havalimanı etrafında görülen uçurtmalarla ilgili olarak uçuş emniyetine risk oluşturmayacak önlemler almak ve hava limanı içine giren uçurtmaları toplamak yabancı hayatı yönetim biriminin sorumluluğunda bulunmaktadır. Tablo 4'de son iki yılda havalimanı sınırları içinde toplanan uçurtma sayısı görülmektedir.

Tablo 4. HKIA'da toplanan uçurtma sayısı [Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.]

Yıllar	Toplanan Uçurtma Sayısı
2017	329
2018	343

2017 yılından önce havalimanında görülen ve toplanan uçurtma verileri tutulmadığından bilinmemektedir. Bununla birlikte, önceki yıllarda görülen uçurtma sayısının son iki yıl değerlerine yakın olduğu düşünülmektedir. Uçurtma faaliyetlerinin özellikle havalimanının güney doğu bölümünde yoğunlaştığı görülmüştür.

Uçurtma iplerinin sağlam ve şeffaf yapıda olması ile uçurtma yapımında kullanılan plastik, kâğıt, tahta gibi parçaların uçak motorları için tehdit oluşturması nedeniyle uçurtmalar, HKIA'da zaman zaman sorunlara neden olmaktadır. 2015 yılında Puma model bir helikopterin kuyruk rotoruna, 2016

yılında ise B 190 tipi bir uçağın pervanesine uçurtma ipi dolanmıştır. Bu iki olayda ipleri çözmek ve sorunu gidermek için saatlerce işçilik harcanmış ve külfetli bakım masrafları ortaya çıkmıştır. HKIA'ya yakın yerleşim yerlerinde yaşayan Afgan halkının uçurtmalara olan ulusal merakı ve bu merak nedeniyle uçuş emniyetini göz ardı etmesi nedeniyle, uçurtmaların yabancı hayatı yönetim birimi tarafından sürekli kontrol altında tutulması gereken önemli bir risk olduğu söylenebilir.

7. Sonuç

Havacılık sektörü, teknolojiye yaşanan gelişmeler ve küreselleşmenin etkisiyle hem ticari hem de askeri alanda giderek büyümektedir. 1960'lı yıllarda jet motorlu uçakların özellikle ticari havacılık sektöründe görülmesi bu büyümenin önemli dönüm noktalarından biri olmuştur. Son altmış yılda dünya üzerinde hava trafiğinin artması, jet motorlu uçakların daha hızlı ve sessiz olması ile hava limanlarının yabancı hayvanları cezbetmesi nedeniyle yabancı hayatın ortaya çıkardığı riskler, havacılık sektörü için önemli ve yönetilmesi gereken bir sorun haline gelmiştir. Söz konusu riskler son yıllarda artış gösterse de özellikle kuş çarpmalarının tarihi modern havacılığın başladığı 1900'lü yılların başına kadar uzanmaktadır.

Çoğunlukla havalimanlarının içinde ve yakın çevresinde meydana gelen kuş ve yabancı hayvanların hava araçları ile çarpışmaları, büyük maddi hasarlara, uçuş iptallerine ve zaman zaman da ölümcül sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle havalimanı yönetimleri, içinde buldukları doğal çevrenin oluşturduğu riskleri yabancı hayatı yönetim planı ve birimi sayesinde önleyebilirler. Havalimanlarında yabancı hayatı yönetim kapsamında uzun ve kısa dönemli yöntemler ile doğal çevre kontrol altında tutularak, uçuş faaliyetlerinin gerçekleştiği yerler daha emniyetli hale getirilebilir.

Afganistan'ın başkenti Kabil şehrinde bulunan HKIA'da yapmış olduğumuz bu araştırmada havalimanının yabancı hayatı yönetim uygulamaları ve riskleri yerinde incelenmiştir. Orta Asya-Hint kuş göç you üzerinde bulunan HKIA'da özellikle kuşlar ve başıboş dolaşan köpeklerin uçuş emniyeti için büyük risk oluşturduğu, havalimanı etrafındaki tel örgülerin yetersiz olduğu, havalimanında çalışan

yerel çalışanların uçuş emniyeti konusunda bilinçsiz davrandıkları ve Afgan halkının kültürel özelliklerinin bir sonucu olarak uçurtmaların bir risk unsuru olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte, söz konusu bu riskleri kontrol altında tutmak ve önleyebilmek için HKIA yabancı hayatı yönetim biriminin etkin bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir.

Havalimanı yönetimleri ve çalışanları yabancı hayatın getirdiği riskleri yönetebilmek için hassas ve bilinçli davranmalıdırlar. Çalışanlarının yabancı hayat riskleri konusunda eğitilmiş olması, bu riskleri önleyebilmek için yeni ve yaratıcı yöntemlerin kullanılması, yabancı hayata dair kayıtların düzenli ve doğru tutulması, kuş ve yabancı hayvan davranışlarına yönelik bilimsel araştırmaların yapılması gibi yöntemler yabancı hayatı yönetme konusunda fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte yapılan önleyici çalışmaların etik değerler çerçevesinde, uzman kişiler eşliğinde ve çevreye zarar vermeden yürütülmesi önemlidir.

Yapmış olduğumuz araştırma, Afganistan'ın başkenti Kabil'de bulunan HKIA'da belirli bir sürede yapıldığı ve araştırmacıların subjektif değerlendirmelerine dayanan nitel bir çalışma olduğu için sınırlılıklar içerebilir. Bu tür saha araştırmaları, farklı doğal çevrelerde bulunan havalimanlarında, çevre ve biyoloji uzmanlarının bilimsel desteği eşliğinde ve daha uzun bir sürede yapılarak daha genel sonuçlara ulaşılabilir.

Teşekkür

Havacılık sektöründe yabancı hayatı yönetim konusunda HKIA'da yapmış olduğumuz bu araştırmanın her aşamasında bize göstermiş olduğu ilgi ve yardımdan dolayı yabancı hayatı yönetim birimi şefi Peter JARMAN'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] B.F. Blackwell, T.W. Seamans, P.M. Schmidt, T. Devault, J.L. Belant, M.J. Whittingham, J.A. Martin & E. Fernández-Juricic, "A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities," *The International Journal of Avian Science*, 155, 199-203, 2012.
- [2] E.C. Cleary and R.A. Dolbeer, *Wildlife Hazard Management at Airports: A Manual for Airport*

Personnel, USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications, 2005.

- [3] L. Vasilis, H. Jerrentrup, P. Dora, & E. Anastasios, "Assessment and integrated risk management of collisions aircrafts to birds at international civil aerodrome of kavala (n.e. Greece)," *International Bird Strike Committee, IBSC27/WP VIII-2 Athens, 23-27 May, 2005.*
- [4] R.A. Dolbeer and S.E. Wright, "Safety management systems: how useful will the faa national wildlife strike database be?," *Human-Wildlife Conflicts*, 3(2), 167-178, 2009.
- [5] G. Keirn, J. Cepek, B. Blackwell, and T. Devault, "On a quest for safer skies," *The Wildlife Professional*, 52-55, 2010.
- [6] J.P. Nikolajeff, "Analysis of the bird strike reports received by the finnish transport safety agency between the years 2000 and 2011," 2014, <https://www.trafi.fi/filebank>, [Erişim Tarihi: 7-Ekim-2018].
- [7] D. Bradbeer, E. Ryan I, Witter, S. Patijn and X. Oh, *Wildlife Hazard Management Handbook, Second Edition, Montreal, Canada, Publications Department Airports Council International, 2013.*
- [8] ICAO, *International Standarts, Aerodromes, Sixth Edition, Annex 14, Volume 1, Amendment 11, Chapter 9, Section 9.4 (Wildlife Strike Hazard Reduction), 2013.*
- [9] R. Çoban, "Sivil havacılık sektöründe kuş çarpması olayları üzerine bir araştırma: amerika örneği," IV. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, 45-58, 2017.
- [10] ICAO, *Airport Services Manual, Doc 9137AN/898 Part 3, Wildlife Control and Reduction, Fourth Edition, 2012.*
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Calbraith_Perry, [Erişim Tarihi: 10-Kasım-2018].
- [12] R.A. Dolbeer, *The History of Wildlife Strikes and Management at Airport, USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications, Paper 1459, 2013.*

- [13] F.A.C. Mendonca, J. Keller and Y. Wang, "Managing the risks: an analysis of bird strike reporting at part 139 airports in Indiana 2001-2014," *Journal of Airline and Airport Management*, 7(1), 43-64, 2017.
- [14] R.A. Dolbeer, "Trends in reporting of wildlife strikes with civil aircraft and in identification of species struck under a primarily voluntary reporting system - 1990-2013," https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/media/trends-in-wildlife-strike-reporting-1990-2013.pdf, [Erişim Tarihi: 8-Kasım-2018].
- [15] J.D. Hardt, A. Colyer & J.R. Allen, "Developing bird-strike risk assessment models for openwater restorations," *Journal of Wildlife Conflicts*, 3(2), 186-198, 2009.
- [16] R. Yancey, "Bird strike simulation takes flight," *Design Strategies*, <http://www.orstech.com/casestudy/C2R2011-Bird-Strike.pdf>, [Erişim Tarihi: 8-Kasım-2018].
- [17] <https://edition.cnn.com/2016/08/11/us/hudson/>, [Erişim Tarihi: 10-Kasım-2018].
- [18] R.A. Dolbeer, S.E. Wright, J.R. Weller, A.M. Anderson, & M.J. Begier, *Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States: 1990–2014*, Serial Report No. 21, 2015.
- [19] <https://www.skybrary.aero>, [Erişim Tarihi: 8-Kasım-2018].
- [20] <https://www.aol.com/2011/04/04/delta-plane-damaged-by-bird-strike/>, [Erişim Tarihi: 8-Kasım-2018].
- [21] R. Nicholson and W.S. Reed, "Strategies for prevention of bird-strike events," 2011. http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2011_q3/pdfs/AERO_2011_Q3_article4.pdf, [Erişim Tarihi: 9-Kasım-2018].
- [22] FAA National Wildlife Strike Data Base, Serial Report Number 22, *Wildlife Strikes to Civil Aircraft in The United States 1990-2015*, November, Washington DC, 2016.
- [23] A. Baxter, "Of distress calls to deter birds from landfill sites near airports," *International Bird Strike Committee, IBSC25/WP-AV9*, 401-409, 2000.
- [24] S.C. Barras and T.W. Seamans, "Vegetation management approaches for reducing wildlife-aircraft collisions," *Federal Aviation Administration Technology Transfer Conference*, 1-10, 2002.
- [25] Transport Canada, *Wildlife Control Procedures Manual*, TP11500E, Ottawa, Canada, 2002.
- [26] J.R. Allan and A.P. Orosz, "The costs of birdstrikes to commercial aviation," *Bird Strike Committee-USA/Canada, Third Joint Annual Meeting*, Calgary, AB, 218-226, 2001.
- [27] <https://en.wikipedia.org/wiki/>, [Erişim Tarihi: 8-Nisan-2018].
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Central_Asian, [Erişim Tarihi: 9-Nisan-2018].
- [29] A. Bravo, S.S. Gill and M. Soberón (2007), "Mode of action of bacillus thuringiensis cry and cyt toxins and their potential for insect control," *Toxicon*, 49(4), 423-435, 2007.
- [30] D. Sahar, "The art of gudiparan bazi," <http://afghana.com/Entertainment/Gudiparanbazi.htm>, [Erişim Tarihi: 14-Nisan-2018].
- [31] <http://www.afghandesk.com/culture/afghan>, [Erişim Tarihi: 15-Nisan-2018].



Received : 09.11.2018 & Accepted : 26.11.2018 & Published (online) : 23.12.2018

Analysis of Internal/External Factors Affecting Time Management and The Reasons of Delay in Aviation

Savaş S. ATEŞ¹, Haşim KAFALI^{2*}, Meryem ÇELİKTAŞ¹

¹ Faculty of Aeronautics and Astronautics, Eskişehir Technical University, Eskişehir, Turkey

²Dalaman School of Aviation, Muğla Sitki Koçman University, Muğla, Turkey

Abstract

It is defined as the time when a work or formation passings, past, or will pass in an action. Time management is one of the issues of that are difficult to manage in the aviation operation managment process. When the aircraft is in place, time management is one of the important elements to make operational processes effective and efficient. Planned time-out in the ground operation process cause delays. Some of the deviations in the process are prevented by the management of staff. The source of precautions is usually internal factor. However, perceptions that some external factors, such as weather, are effective can not be managed by staff. If the aircraft can not depart at the time of departure, the reasons for the delay are classified based on the IATA Standard delay codes. The IATA delay codes were taken as reference during the survey. A questionnaire consisting of IATA delay codes was applied to the employees working in the aviation sector in Turkey. When the results of the questionnaire and findings were analyzed by Chi-square analysis and Binomial test method using SPSS program and reliability of the data was determined by KMO & Bartlett test. Based on the current study, time planning is important in aviation operations. An analysis of external factors that cannot be controlled, such as the internal factors that can be corrected for the problems caused by the system-induced or human factor for the correct operation of the planned time, and the constraints imposed on the environmental conditions or the operation of the system must be well analyzed.

Keywords: Aviation, Time management in aviation, Aircraft operations, Planning, Delay, IATA delay codes

1. Introduction

It is defined as the time when a work or formation passing, past, or will pass in an action. One of the issues that is difficult to manage in the aviation operation is time management process. When the

aircraft is in place, time management is one of the important elements to make operational processes effective and efficient. Planned time-out in the ground operation process causes delays. Some of the deviations in the process are prevented by the management of staff.

*Corresponding Author: Dr.Öğr. Üyesi Haşim KAFALI
hasimkafali@mu.edu.tr
Abstract paper was presented in Sixth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2017)

Citation : Ateş S. S., Kafalı H., Çeliktas M. (2018). Analysis of Internal/External Factors Affecting Time Management and The Reasons of Delay in Aviation. Journal of Aviation, 2 (2), 105-118. DOI: 10.30518/jav.480981

1.1. Time Concept and Time Management

Time management is the process of planning and exercising conscious control of time spent on specific activities, especially to increase effectiveness, efficiency or productivity [1]. Because of that, how time is used is important. Since time is an unstoppable source of time, efficiency can be achieved through timely and efficient use. Time is an invaluable, unique resource that people have equally but cannot use in the same activity [2]. Time can also cause perception difference according to the ambience. People think fun and happy moments are too fast, but they may not know how to spend their time in obligatory environments. As you can see, time is a detection event at the same time [2].

Time management is the process of planning and organizing the targets to achieve tasks or events to meet needs, and to schedule the time by setting priorities. Time management has emerged from the demand of manager and management time. Managing time is an important issue because time is seen as a source of production and consumption [3]. The main area of activity of the time management is related to all the managers and employees, from the private life of the individual to the low-level employees from the senior managers. Effective time management enables both cost reduction for projects and more efficient employment of people who are invaluable resources for businesses [4]. Efficient management or use of time means planning every hour, every minute, by planning for a specific goal and purpose [1].

The conscious efforts made for effective use of time have numerous benefits for both managers and employers [4].

1.2. Air Traffic Delays and The Reasons of Delay

Airline flight schedules are prepared taking into consideration the economic and operational

factors. Flight schedule shows the time take off and landing on airports [5]. Flight Schedules vary according to the nature of the airline business management and competitive strategy [6]. Depending on these strategies, airline operators may operate in scheduled, unscheduled, charter airline markets [7]. The success of airline companies' competitive strategies depends on the effective management and timeliness of their operational processes [8]. Important reasons for many passengers booking a flight are price of the ticket and the scheduled time of take off or arrival. Passengers on the other hand are very often interested in the operational performance of an airline. There are a vast number of operational performance indicators used by airlines [9].

- RPKs2
- Load factor
- Dispatch reliability of aircraft
- Denied boarding of passengers due to over sales
- Rate of diversions
- Rate of cancelled flights
- Flight Punctuality
- Other indicators.

Deviations greater than 15 minutes from the time of landing and departure in the flight schedule are defined as delays [10]. Delays occurred as a result of disruptions in airline service delivery process occurs in stages [11]. Delay classification developed by Eurocontrol CODA (Central Office for Delay Analysis) based on IATA (International Air Transportation Association) codes is used to record the delay in the European region [12]. NAS (National Aviation System) and FAA (Federal Aviation Agency) in USA classify the delays as the that originated from the air, and from late arrivals [13]. Late arrival is defined as delay at an airport due to the late arrival of the same aircraft at a previous airport.

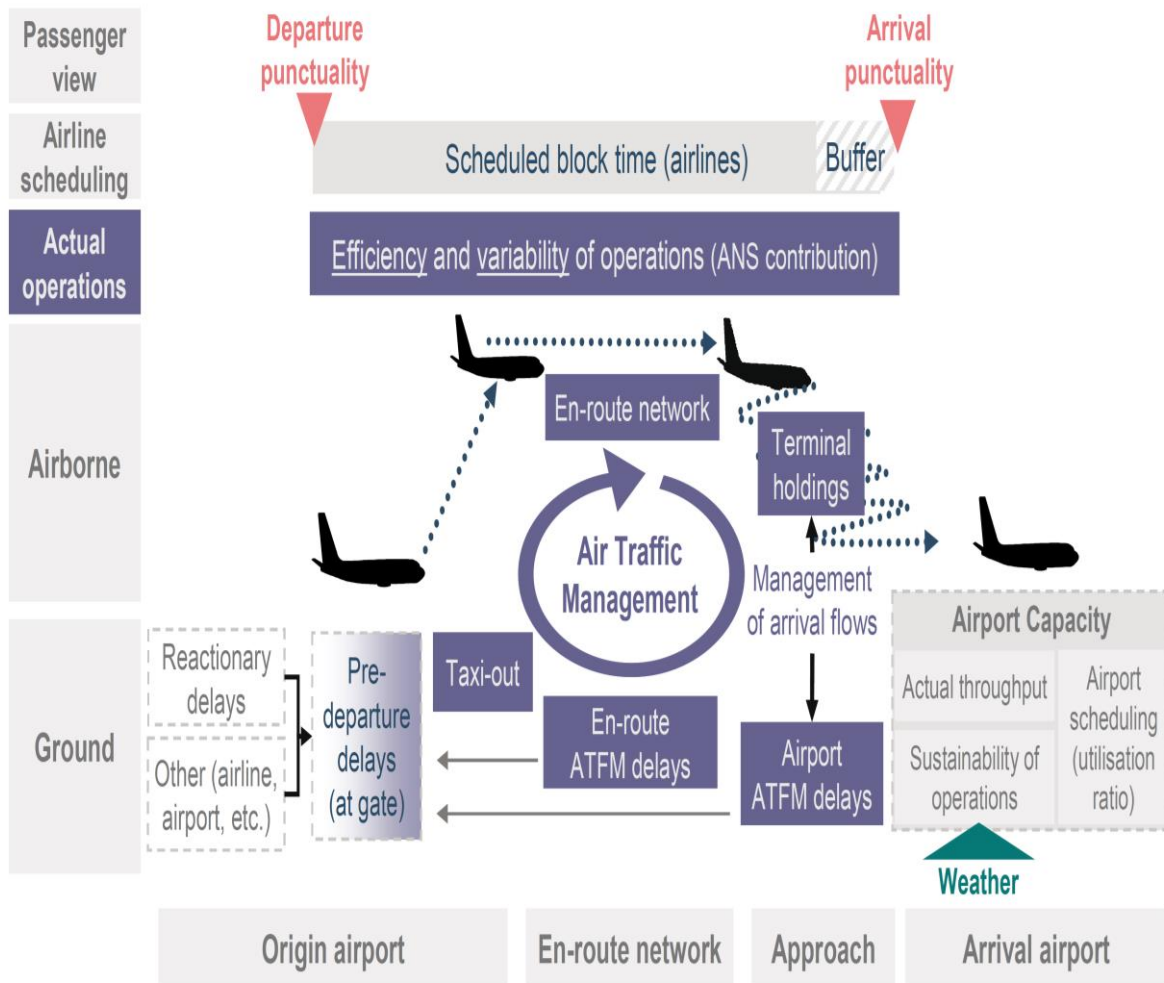


Figure 1. Delay Indicators for aircraft services [14].

In the classification of delays, the delay factors are taken into consideration as service processes, disruptions points and etc. The most frequently used classifications of delays are; delay before departure, departure delay, arrival delay, original delay, delays in taxi, delays outside the en-route network, delays at boarding gate, delays in en-route network, delays in the ground and delays in the airborne (Figure 1). A primary delay cause may be defined as delay that affects the initiation of the flight. This delay is unaffected by any earlier or accumulated delay. Delays are classified by IATA like that [15];

- **Airline-related Delays:** These are the delays that are directly under the influence of the airline. They are passengers and baggage; cargo and mail; aircraft and ramp handling; technical

and aircraft equipment; aircraft damage and operations computer failure; flight operations; and other causes.

- **Airport-related Delays:** Congestion at airports can take a number of forms. Some congestion, such as the inability of more than one aircraft to move out of some parking cul-de-sacs, will affect start-up, and hence departure. Other airport congestion issues, such as lack of parking spaces, excessive arrival demand, or taxiway problems may result in arrival delay, or possible delay to aircraft which have not yet departed from the previous Airport.
- **En-route Delays:** This type of delay may be due to lack of en-route airspace capacity. This can result from an excessive peak of demand, say, or perhaps from a lack of Air Traffic Control staff due to sickness.

- **Due to weather at destination:** Weather delays may be encountered at either departure or destination airport and, occasionally, en-route. Some weather delays affect the ability of aircraft to move around the airport of departure, while some may be due, for instance, to a requirement to de-ice departing aircraft for safety reasons. Other weather events may affect the destination.
- **Miscellaneous:** There is always a small amount of delay which does not fit neatly into the above categories. Its recording is nonetheless important, hence the need for this group.

On-time arrivals mean that passengers can make their connections, that aircraft can be prepared in time for the next flight, that crew have sufficient time to change aircraft in case they are operating multiple-sectors, and it avoids late minute gate changes with possible lost passengers etc. [9]. An effective framework for approaching punctuality in a structured way should use three main levers; network planning and control, aircraft availability, ground operations and departure process [16].

Many of the approaches in the literature that are recommended for preventing delays in airline service delivery use quantitative methods. Developed theories about the delay is based on re-planning the resources to reduce the effect. Approaches to avoid delays in airline service delivery are important in terms of allocating resources; can be divided into three main categories: aircraft recovery models, crew recovery models, and passenger flow models [18].

- **Aircraft recovery models:** The most important source of aviation business is aircraft, however depending on the nature of the aircraft flight flights to the deterioration occurs. Depending on the delay, the flight schedule on the flight may be corrupted. Aircraft recovery models include the approach of reassignment of delayed flights. One of these approaches; fleet assignment models based on the reordering of connection hub airport flights [17]. Another method involves the approach of reducing the delay by swap (changing the flight legs in schedule an aircraft) [18]. One of the most commonly used methods by airline operators is

the use of heuristic algorithms in the literature for aircraft change within the tariff [19]. But the success of this approach depends on a single type of aircraft fleet [20]. Otherwise, operational constraints make it impossible to implement algorithms in the real world. For that reason, some of the theories are based on irregular operations [21]. Because when aircraft changes are made, many planning related to the aircraft, especially the maintenance schedules, must be done again [22,23]. Algorithms that find the best result need to be recalculated repeatedly for the flight route that is delayed by the delayed flight [24]. Thus, some of the theories developed are made practicable in everyday life with the help of computer software [25,26]. Besides, the feasibility of the developed theories is supported by the projects prepared in industry-university cooperation [11,27]. Software that monitors real-time rotation services is also used to determine the basic reasons for delay, which is one of the key components of delay prevention [28]. The greatest benefit of real-time service delivery follows; the delay has come out and can be noticed. This prevents the delay from spreading within the schedule.

- **Crew recovery models:** One of the most important sources of airline operators is the crew. The crew has operational restrictions, such as aircraft type, airport category to fly, and the ability to make scheduled flight legs during duty. Taking all these constraints into consideration, the crew is planned in accordance with the aircraft [29]. However, disruptions in service delivery lead to delays and deterioration of crew assignment plans. Crew assignments need to be done again to prevent delays from jumping on subsequent flights. Crew recovery approaches on delayed flights is possible to summarize as; assignment algorithms that will reduce cost the most [30], algorithms to correct crew assignments as soon as possible for situations where delays affect a large portion of the flight schedule [3], algorithms that make corrections taking into account crew duty time [32], algorithms used with decision support software [33,34]. Some of

these algorithms are supported by software and used in the air transportation sector.

- **Passenger flow model:** The final services of airline companies are taken by passenger and air cargo shipper. Some of the studies in the literature have focused on reducing the economic effects of delay on passengers [35]. Other investigations include mathematical approaches to the effect of delay on connected passengers and how connections can be made as soon as possible [36]. However, there are also models that will provide the shortest possible time to reach customers, taking customer satisfaction into account, and prevent delayed flights from being booked on a recurring basis [37]. Besides all these; national, regional, and international aviation organizations support to research about prevent delays.

2. Aims and Methods

Aim of the research is to find the perception of personnel who are working in the airport operation about delays dilemma as preventable / non-preventable. According to the data obtained from the General Directorate of Civil Aviation 2017 Activity Report, there are 187.459 personnel serving in the aviation sector in Turkey [38]. It is not possible in time and cost to reach all of these employees and implement the prepared questionnaire.

Stratified sampling method is used for the determination of the minimum size of sampling data according to the formula:

$$n = \frac{N * t^2 * p * q}{(N - 1) * d^2 + t^2 * p * q}$$

t: Degree of the freedom alpha error level

p: Percentages of the interested events in the community,

q: Percentages of the interested events out of the community,

d: Deviation of the effect size from the previous research results,

For this reason, a specific sample was selected and in this context, the prepared questionnaire was applied to 307 people working in airlines, airports, airport terminal operations, ATC, ground services, passenger services and cargo services and other departments. The IATA delay codes (CODA: Central Office for Delay Analysis) were taken as reference during the survey [39]. The questionnaire consists of 28 questions in total. In the first part of the questionnaire demographic information was obtained about the employees. The sum of *k* independent and identically distributed (0, 1) variables has a binomial distribution [40]. The Binomial distribution, for tests where categories take yes or no question about delays. Employees are tried to analyze about perception about the reasons of delay (preventable / preventable). When the results of the questionnaire and findings were analyzed by Chi-square analysis and Binomial test method using SPSS program and reliability of the data was determined by KMO & Bartlett test.

3. Finding and Analysis

3.1. Demographic Findings

Of the 307 participants who participated in the survey, 76.5% were male, 23.5% were female. Survey results show that 60.6% of people working in the aviation sector are the result of people with high working potential in the 20-30 age range. While 50% of the participants are employees of Istanbul Atatürk Airport, the remaining 20% of the rest of the percentage are employees of Istanbul Sabiha Gökçen Airport. Participants were 30% airport, 17.9% airline, 20% ground handling, 11.1% passenger, 11.4% cargo, 2.9% air traffic control, and 5.9% are airport terminal operators (Table 1).

Table 1 Distribution of participants by demographic characteristics.

Demographic Variable	Groups	N	%
Working Airport	İstanbul Atatürk Airport	160	%50
	İstanbul Sabiha Gökçen Airport	68	%20
	Antalya Airport	13	%4,2
	Adana Şakirpaşa Airport	1	%0,3
	Ankara Esenboğa Airport	17	%5,5
	Bursa Yenişehir Airport	3	%1
	Dalaman Airport	16	%5,2
	İzmir Adnan Menderes Airport	11	%3,6
	Konya Airport	0	%0
	Balıkesir Kocaseyit Airport	9	%2,9
	Other	9	%2,9
Working Section	Airliene	55	%17,9
	Airport	92	%30
	Airport Terminal İşletmesi	18	%5,9
	Air Traffic Kontrol	9	%2,9
	Ground Handling Services	64	%20,8
	Passenger Service	34	%11,1
	Cargo	35	%11,4
Age	20-30	186	%60,6
	30-40	88	%28,7
	40-50	26	%8,5
	50 and up	7	%2,3
Gender	Female	72	%23,5
	Male	235	%76,5

Participants in the survey were informed about the professions of the participants and 13.7% are passenger service officers, 10.4% are technicians, 11.1% are operating officers, 8.5% are dispatchers and the rest of the percentage are various aviation

professional groups. When the occupational years of the participants are investigated, more than the percentage is in the range of 1-5 years. The educational status of the respondents is mainly high school and undergraduate, 11.1% are graduate and 0.7% are doctorate education (Table 2).

Table 2. Distributions of participants by educational and professional characteristics.

Demographic Variable	Groups	N	%
Educational Status	High school	50	%16,3
	License	221	%72
	MSc	34	%11,1
	Doctorate	2	%0,7
Job	Dispatcher	26	%8,5
	ATC	6	%2
	Expert	24	%7,8
	Operation Officer	34	%11,1
	Apron Officer	9	%2,9
	Passenger Services Officer	42	%13,7
	Cargo Officer	34	%11,1
	Intern	66	%21,5
	Technician	32	%10,4
	Apron Chief	4	%1,3
	Team Allocation	2	%0,7
	Supervisor	6	%2
	Airport Operator	5	%1,6
	Officer, Accountant	7	%2,3
	Cockpit Crew	1	%0,3
	Worker	2	%0,7
	FIC	3	%1
	Other	4	%1,3
	Business Year	1-5 years	171
5-10 years		69	%22,5
10-15 years		42	%13,7
15-20 years		14	%4,6
20 and up		11	%3,6
Work Experience	1-3 years	138	%45
	3-6 years	48	%15,6
	6-10 years	87	%28,3
	10-15 years	0	%0
	15 years and up	34	%11,1

3.2. Elimination of Delays and Preventable Classification

Due to many reasons in air operations, there are interruptions in the operation flow. While some of these disruptions can be prevented by the operators, it may not be possible to prevent some of them. These operational malfunctions also cause delays. Participants in the survey were asked to classify the delays identified by IATA as preventable and unavoidable, taking into account the operational experience of the department.

The answer to the question "Is the distribution equal to the class of the preventable / non-avoidable class for the reason of delay first?" Was investigated with a double tail binomial test with a probability of 50% ($H_0 : \mu = 0,5$; $H_1 : \mu \neq 0,5$). It is aimed to classify the delay items which have a statistically significant difference ($\alpha = .05$).

The hypothesis "H0: Classification of the cause of delay is equal to 50%", H_1 : Classification of the cause of delay is less than 50% "is tested with the left tail binomial test to determine the delay that can be avoided from the causes of delay which appear to be significantly different in classification ($H_0 : \mu = 0,5$; $H_1 : \mu < 0,5$).

The power of the relationship between variables with the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's Test was measured. KMO predicts that the sample must be greater than 0.5 in order to be able to perform a satisfactory factor analysis. Bartlett's test measures the relationship power between variables such as the same KMO. This test tests H_0 . Bartlett's test (Bartlett's test of sphericity) should be $sig < 0.05$. H_0 is rejected below 0,5. If the Bartlett value is $p < 0.001$ it indicates that this can be done. In this study, KMO, 807 was obtained (Table 3). In order to be able to perform a healthy factor analysis, it is sufficient to obtain a value of more than 0.5, so it can be said that this analysis is performed in a healthy manner. On the other hand, we can say that the p value has been achieved in this direction and it can be progressed in this research in a healthy way.

Table 3. KMO and Bartlett's Test.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,807
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2282,061
	Df	378
	Sig.	,000

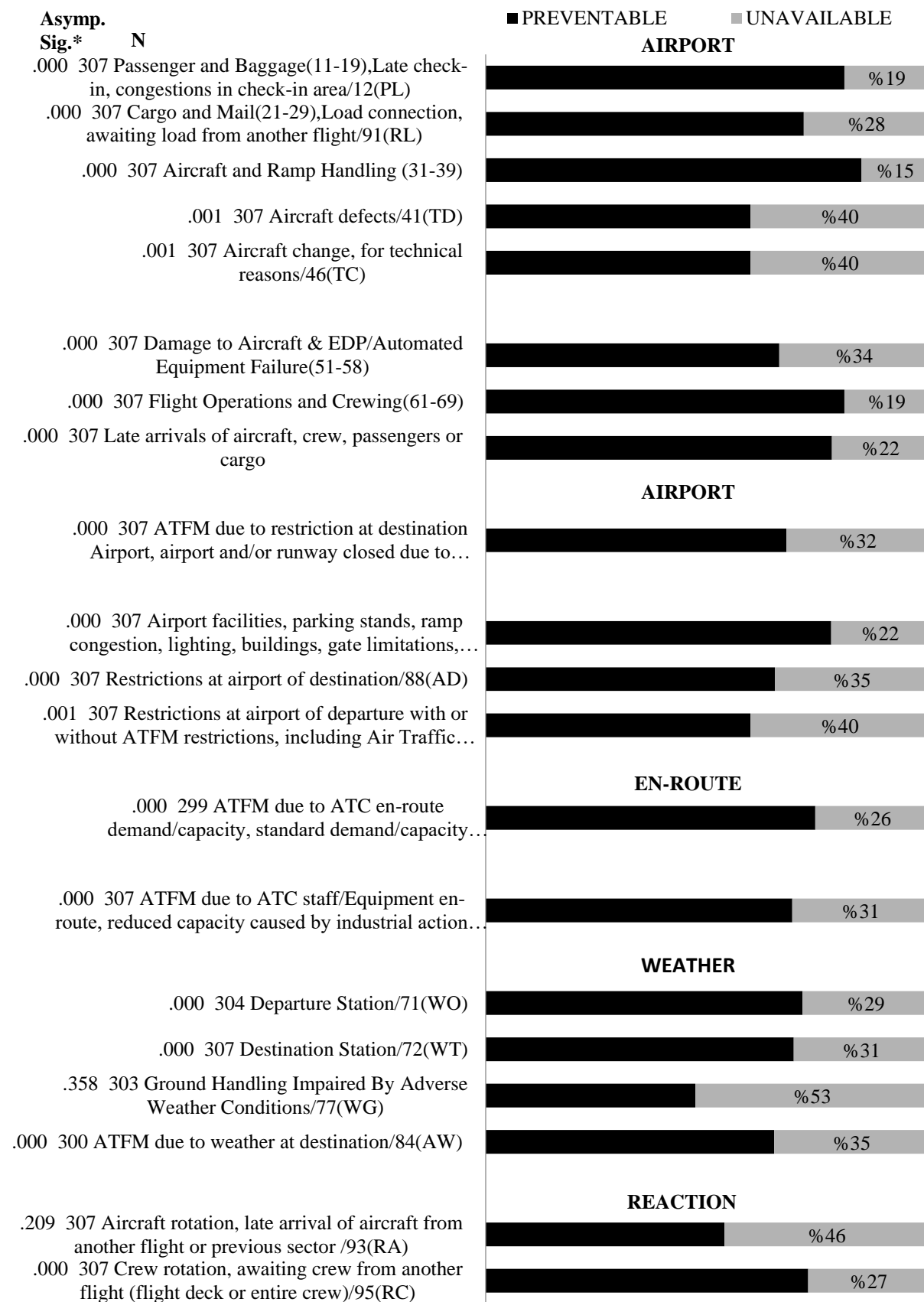
- **Airline Operation-related Delays:** Delays due to "flight operations and crew (61-69)" are classified as preventable by 81% of respondents ($H_1 : \mu < 0,5$, $N:307$ $p=.000$). As can be seen in Figure 1, other sources of delay are considered delayable as preventable when properly managed ($H_1 : \mu < 0,5$).
- **Airport-related Delays:** 78% of the respondents indicated that delays due to "airport facilities / 87 (AF), parking positions, apron intensity, enlightenments, buildings, gate restrictions" can be avoided if the processes are managed correctly ($H_1 : \mu < 0,5$, $N:307$ $p=.000$). 65% of the respondents indicate delayed delays due to constraints at the destination airport, which are predictable delays when constraints are analyzed correctly ($H_1 : \mu < 0,5$, $N:307$ $p=.000$).
- **En-route Delays:** 69% of respondents believe that "Air Traffic Flow Management / 82 (AX) according to Air Traffic Control Personnel / Equipment along the way, extraordinary demand due to capacity reduction due to strike / job slowdown, personnel insufficiency or equipment failure" management has been carried out correctly and considered such delays as preventable ($H_1 : \mu < 0,5$, $N:307$ $p=.000$).
- **Due to weather at destination:** In airborne delays, 53% of respondents "unable to make ground services from bad weather conditions / 77 (WG)" classified it as an unavoidable delay. Because of the large significance test for this delay, there is no significant difference in terms of preventable incapability of this delay ($H_1 : \mu < 0,5$, $N:303$ $p=.358$). It is stated that the meteorological forecasts of delays due to other weather

conditions can be analyzed correctly and avoided if necessary precautions are taken for situations that may cause delays at departure and arrival stations.

- **Reaction Delays:** From the reaction delays "Aircraft rover has classified 51% of the respondents who answered" late arrival / 93 (RA) "from the previous section or from the other flight as preventable delay. However, the

classification was not considered because the level of reliability was low ($H_0: \mu = 0,5, N:307, p=.209$). Another reaction delay, "Team route, waiting for the other flight cabin (cockpit or entire crew) / 95 (RC)" team planning resources were classified as delays of 73% preventable quality when properly managed ($H_0: \mu = 0,5, N:307, p=.000$).

Table 4. Delays preventable / unavailable classification.



* Based on Z Approximation.

3.3. Internal and External Factor Classification of Delays in Time Management in Aviation

In this work, taking into account the IATA standard delay codes, some delays can be preventable and some are unavoidable. In the formation of delays are influenced that the internal factors that cause the human factor in the aviation operations itself or in the process of operation or the external factors, which cause delays, are independent of the functioning of the aeronautical system. It is classified as preventable / non-preventable in internal and external factors. When the IATA delays included in the survey study are classified as internal factor and external factor in aviation time management;

- Delays due to passengers and luggage can be regarded as an internal factor as they can occur due to the operation of the system. Delays due to check-in glitches or delays due to catering orders are caused by errors in the operation process.
- Errors due to cargo and mail can be regarded as internal factors, as they can be from employees or from incorrect process. In the case of waiting for an overhead load, the delay may be due to reasons not controlled by the system and this is considered as an external factor effect.
- Delays in aircraft and ramp services are affected by internal factors. The lack of resources and technical problems of the airline may have caused these delays.
- It may be possible to see internal and external factors together due to delays caused by technical and aerodrome equipment. The maintenance of the airplane, such as spare parts, can be considered as an internal factor because it is under the control of the airline. However, even though the necessary technical measures have been taken by the aircraft, failure of the aircraft or malfunctions caused by a bird drive can be regarded as an external factor.
- Damage to aircraft and Electronic Data Processing / Automatic equipment failure may be due to the delays caused by technical and aircraft equipment, as well as internal and external factors.
- Delays due to flight operations and crew battles can be classified as external factors as they can be cumulative delays due to reactive delays.
- The ATFM (air traffic flow management) restrictions at the arrival airport are considered as internal factors because it is possible to control the delayed factors such as strike, staffing capacity, capacity, and the effect on the operational process can be controlled.
- It can be regarded as an internal factor that influences time management because the delays in the airport facilities can be removed or reduced from the center by proper arrangements.
- Restrictions at the arrival airport can affect both the external factor as well as the internal factor. If constraints due to weather non-control cause are considered external factors, constraints such as noise reduction applied at the destination airport can be regarded as an internal factor because delays can be prevented (or prevented) if flight planning is taken into account.
- Air Traffic Control according to the demand / capacity on en-route, Air Traffic Flow Management can be considered as an external factor because it can cause slot failure due to standard demand / capacity problems, It can be regarded as an internal factor as it is possible to control the factors causing Air Traffic Flow Management delays according to Air Traffic Control personnel / equipment along the road.
- It can be considered as an external factor because it is difficult to control delays caused by environmental conditions such as low visibility and strong winds and the impact of environmental conditions on time management in aviation operations is too great to be ignored.
- As long as the majority of the reaction delays are properly planned, the delay effect can be preventable (or unavoidable). This plan and its effect on the correct use of time as an internal factor, since the effect of those working in the process of running can be high.

4. Conclusion

Time benefit is the most basic source of production and consumption of aviation. Using time effectively and efficiently increases the quality of aviation service. Important steps for managing time correctly are to identify the needs of the aviation industry, to establish the goals, and to set priorities of needs. In the aviation sector, delays occur as a result of planned events not being realized at planned time. Delays are often associated with departure. Because planning in aviation is based on the time of departure. Delays have many causes. There are many factors that affect the management of time in aviation and consequently cause delays, such as originated from airport, technical and engineering mistakes, problems of airline can be welded a plane on the ground, problems caused by weather conditions such as low visibility or strong wind, problems arising from capacity and demand, problems caused by ground services, problems along the way, problems caused by safety, etc. Well-planned time management executes punctuality and this enable to do the right job in a short time by dynamizing predictability in time management. Robust network planning and control, airplane availability and ground handling and departure process have significant impact in ensuring timeliness. Inadequate network planning adversely affects time performance in very high traffic volumes, and different planning systems make it difficult to control. Accurate analysis of fleet planning increases precision by creating direct impact on safety and time created by spare parts and hardware problems.

This research, which was prepared by using chi-square analysis and Binomial test method, reached to 307 people in 187.459 personnel in the aviation sector in Turkey and conducted survey study. There are many internal and external factors that are crucial to effective and efficient management of aviation operations in time. Internal factors which factors that influence time management by ensuring uninterrupted control of aviation activities and making delays avoidable or preventable through the necessary precautions. External factors which are factors that are effective in preventing or avoiding delays because they are very unlikely to be

controlled or predicted in the aviation system. When the effects of internal and external factors on the aviation activities are analyzed correctly, the delays that they cause can be controlled. The vast majority of delays that are effective in time management in aviation are preventable delays. These delays are influencing internal and external factors, including proper team planning, good process management of ground services, proper maintenance and repair planning, proper management of airport capacity and flight demands, efficient use of aviation resource and infrastructure systems and many more. Some delays in aeronautics cannot be avoided despite improved predictability and all measures taken. Due to poor weather conditions, failure to perform ground services, low visibility at departure and arrival airports, and strong winds, there are interruptions in the continuation of aviation operations due to external factors originating from nature. These interruptions cause delays and some of them are controllable while others are not controllable. Time planning is important in aviation operations. An analysis of external factors that cannot be controlled, such as the internal factors that can be corrected for the problems caused by the system-induced or human factor for the correct operation of the planned time, and the constraints imposed on the environmental conditions or the operation of the system must be well analyzed. The influence of internal and external factors on time management should not be ignored.

Contribution and Further Work

This article may contribute to both future works and scientific field via its proposed time management suggestion. It is planned to make cross-tabulations with the detailed researches to be done later and the departments where the internal and external factors are in charge. Thus, this article may do considerable contribution to airline and airport managers assisting them to their decision making process taking into account time management issues. An in depth study for this problem can be a challenging task for academics but more to airport and airline managers who are interesting in the specific case.

References

- [1] Gürbüz, M. & Aydın, A. H., (2012), "Zaman Kavramı ve Yönetimi", *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi / KSU Journal of Social Sciences* 9 (2), pp. 1-20.
- [2] Akçınar, S., (2014). *Örgütsel Zaman Yönetimi ve Etkin Zaman Kullanımı*, T.C.Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yönetimi Ana Bilim Dalı Yönetim ve Organizasyon Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [3] Toksoy, H., (2010), *Toplam Kalite Yönetiminde Zaman Yönetiminin Önemi*, T.C.Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- [4] Karaoğlan, A. D., (2006), *Üst Düzey Yöneticilerin Zaman Yönetimi*, T.C.Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- [5] Radnoti, G., (2002), *Profit Strategies For Air Transportation*, McGraw-Hill, New York.
- [6] Porter, M. E., (2008), *Rekabet Stratejisi: Sektör ve Rakip Analizi Teknikleri*, Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- [7] Diederiks-Verschoor, I. H. P. & Butler, M. A., (2006). *An introduction to air law*. 8. th ed., Kluwer Law International, Alphen an den Rijn.
- [8] Gupta, G., (2011), *Charter vs. scheduled airlines*. Cambridge: ProQuest, UMI Dissertation Publishing.
- [9] Wandeler, Y. D. & Marsh, D., (2010), *Planning for Delay: influence of flight scheduling on airline punctuality-tat7*, EUROCONTROL Trends in Air Traffic, Avrupa.
- [10] EUROCONTROL, (2005), *Report on Punctuality Drivers at Major European Airports*, EUROCONTROL, Brüksel.
- [11] Kohl, N. et al., (2004), *Airline Disruption Management-Perspective, Experiences, and Outlook*, The Technical University of Denmark: EU-funded project DESCARTES, Denmark.
- [12] EUROCONTROL CODA, (2012), *Central Office for Delay Analysis - CODA*. [Online] Available at: <http://www.eurocontrol.int/articles/central-office-delay-analysis-coda> [Accessed 12 September 2012].
- [13] Beek, S. D. V., (2000), *Categories of Cancellation and Delay for Air Carrier On-Time Reporting*, Wendell H. Ford Aviation Investment and Reform Act for the 21st Century, Washington.
- [14] EUROCONTROL, (2011), *Performance Review Report (PRR 2011)*, Brüksel: EUROCONTROL.
- [15] Guest, T. & Marsh, D., (2007), *A Matter of Time: Air Traffic Delay in Europe-tat 2*, Eurocontrol Trends in Air Traffic, Avrupa.
- [16] Niehues, A. et al., (2001), *Punctuality: How Airlines Can Improve On-Time Performance*, Booz-Allen Hamilton, Avrupa.
- [17] Rosenberger, J. M., Jhonson, E. L. & Nemhauser, G. L., (2004), "A Robust Fleet Assignment Model With Hub Isolation and Shot Cycles", *Transportation Science*, 3(38), pp. 357-368.
- [18] Løve, M., Sørensen, K. R., Larsen, J. & Clausen, J., (2002), "Disruption Management for an Airline Rescheduling of Aircraft", *Proceedings of the Applications of Evolutionary Computing on EvoWorkshops 2002*, Issue 2279, pp. 315-324.
- [19] Talluri, K. T., (1996), "Swapping Applications in a Daily Airline Fleet Assignment", *Transportation Science*, Issue 30, pp. 237-248.
- [20] Slavica Dožić, M. K. O. B., (2012), "Heuristic approach to the airline schedule disturbances problem: single fleet case", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 000-0000.
- [21] Abdelghany, K. F., Abdelghany, A. F. & Ekollu, G., (2007), "An integrated decision support tool for airlines schedule recovery during irregular operations", *European*

Journal of Operational Research, Issue 185, pp. 825-848.

- [22] Gopalan, R. & Talluri, K. T., (1998), "The Aircraft Maintenance Routing Problem", *Operations Research*, 2(40), pp. 260-271.
- [23] Sachon, M. & Cornell, E. P., (2000), "Delays and safety in airline maintenance", *Reliability Engineering & System Safety*, 3(67), p. 301–309.
- [24] Jeng, C.-R., (2012), "Real-time decision support for airline schedule disruption management", *African Journal of Business Management*, 6(27), pp. 8071-8079.
- [25] Sivaraman, E., (2007), *Station-Specific Aircraft Turn Times and Applications for Schedule Reliability*, AGIFORS 2007 – Airline Operations Study Group Meeting, Denver.
- [26] TIBCO, (2007), *Airline Disruption Management*. [Online] Available at: http://www.tibco.com/multimedia/wp-airline-disruption-management_tcm8-2452.pdf, [Accessed 17 Ekim 2012].
- [27] Zhang, Y., (2008), *Real-time Inter-modal Strategies for Airline Schedule Perturbation Recovery and Airport Congestion Mitigation under Collaborative Decision Making (CDM)*, Dissertations, University of California Transportation Center, Berkeley.
- [28] Wu, C. L., (2008), "Monitoring Aircraft Turnaround Operations", *Framework Development, Application and Implications for Airline Operations*, 31(2), pp. 215-228.
- [29] Gao, C., Johnson, E. & Smith, B., (2009), "Integrated Airline Fleet and Crew Robust Planning", *Transportation Science*, 43(1), pp. 2-16.
- [30] Ehrgott, M. & Ryan, D. M., (2002), "Constructing Robust Crew Schedules with Bicriteria Optimization", *J. Multi-Crit. Decis*, pp. 139-150.
- [31] WEI, G. & YU, G., (1997), "Optimization Model and Algorithm for Crew Management During Airline Irregular Operations", *Journal of Combinatorial Optimization*, p. 305–321.
- [32] Nissen, R. & Haase, K., (2006), "Duty-period-based network model for crew rescheduling in European airlines", *Journal of Scheduling*, pp. 155-278.
- [33] Lettovsky, L., Johnson, E. L. & Nemhauser, G. L., (2000), "Airline Crew Recovery", *Transportation Science*, pp. 337-348.
- [34] Yu, G. et al., (2003), "A New Era for Crew Recovery at Continental Airlines", *Journal Interfaces*, 1(33), pp. 5-22.
- [35] Sherry, L., (2012), *Impact of Flight Delay Reliability on Passenger Trip Delay Metrics*, TRB, Washington DC.
- [36] Wang, P. T. R., Schaefer, L. A. & Wojcik, L. A., (2003), *Flight Connections and their impacts on delay propagation*, The MITRE Corporation, Mclean.
- [37] AhmadBeygi, S., Cohn, A., Guan, Y. & Belobaba, P., (2008), "Analysis of the potential for delay propagation in passenger airline networks", *Journal of Air Transport Management*, Issue 14, p. 221– 236.
- [38] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, (2017), *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2017 Faaliyet Raporu*, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.
- [39] EUROCONTROL CODA, (2012), *Central Office for Delay Analysis - CODA*. [Online] Available at: <http://www.eurocontrol.int/articles/central-office-delay-analysis-coda> [Accessed 12 September 2012].
- [40] Altham, P. M. E., (1978), "Two Generalizations of the Binomial Distribution", *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 27(2), pp. 162-167.



Received : 28.06.2018 & Accepted : 05.12.2018 & Published (online) : 23.12.2018

The Effects of The Airline Business Models to The Airline Industry

Tüzün Tolga İNAN*

Department of Transportation Services, Istanbul Gelişim University, Istanbul, Turkey

Abstract

The civil aviation industry which began to develop in the deregulation period in 1978 became the dominant mode of air transport in the early 1990's, with the use of hub (centre airport of a flag carrier airline) and spoke (connection destinations from flag carrier airlines' centre airport) concepts. With this development phase, low cost transportation strategy has been effective and airlines that implement the traditional transportation strategy have accelerated. In the 9/11 Twin Tower Attack, confidence for the civil aviation industry has declined and there has been a 7% depreciation across the globe. In the same period, numerous small and large scale airlines had to finish their activities. At the beginning of the 1990's low cost carrier airlines which played a major role in the growth of the civil aviation industry dropped ticket prices, allowing people from all trips about the stages to embark on the aircraft, taking the industry out of luxury transportation and thus these carriers ended the loss of confidence process. This research examines airline business models that provide industry growth in the 21st century, apart from the main trend of low cost transportation in the 1990's.

Keywords: Push factors, Pull factors, Key performance indicators, Basic factors affecting demand, Airline business model

1. Introduction

In the early 1990's, the demand for the civil aviation sector showed great improvement and that improvement has continued to increase in the last few years. According to ICAO's study in January of 2017, when the revenue for passenger kilometers (RPK – Passenger Kilometer per Revenue) stated as abortion traffic is calculated, 35 million flights were made with the revenue of 7,015 billion dollars in 2016 [1]. According to the data from the Air Transport Bureau, it was confirmed that the growth

and impressive expansion in the sector between 2015 and 2016 has continued with a growth of 7.66% per annum on the basis of RPK data [2].

It is also reported that global gross domestic product (GDP) growth was estimated about 2.4% in 2016. More than half of global tourism traffic and more than 35% of world trade are made by air transport. On the contrary, the global cargo traffic market has an intensive and active market not just passenger transport depending on the current production and processing capacity of the industry,

* Corresponding Author: Asst. Prof. Tolga Tüzün İNAN
tinan@gelisim.edu.tr, ttolgainan83@gmail.com

Alıntı/Citation : Tüzün, T. (2018). The Effects of The Airline Business Models to The Airline Industry. Journal of Aviation, 2 (2), 119-124. DOI: 10.30518/jav.438010

while monitoring an alternative profile besides passenger transport. While air cargo transport is less prominent than passenger transport, it has grown by 3.8% yearly according to the Freight Tonne Kilometer (FTK) statistics at the end of 2016 [3].

The rates in the first half of 2016 and 2017 are analyzed. There is a good year end performance of the air cargo industry with an economic stagnation of world trade. The development of new generation platforms has made the sector an even bigger market, especially in the development of the civil aviation industry with the growing demand for passenger and cargo flights in the growing market, as well as manufacturing sector, cost efficiency, travel comfort and delivery targets. Airbus's 2016-2035 Global Market Forecast report estimated that the growth in air traffic would result in an annual increase of %4,5 with 33,000 new aircraft requests approaching US \$ 5.2 trillion over the next two decades [4].

It was also noticed that the same report is a reservoir of over 13,000 airplanes with an equivalent value of 200 billion pound which is thought to be a large area for UK civil aviation sector growth [5]. Current state shows that airlines continue to make profits not only because of good route choices but also because of increased productivity in factors such as; aircraft load, right business models and other internal activities. This economic situation leads airlines to renew their fleets which results in aircraft manufacturers of aircraft making innovations. The aim of this research is to understand the various factors that influence the growth of the industry through the definition of the controlling production demand of "push and pull" factors.

2. Theoric Method

2.1. Introduction to Push and Pull Factors

To understand and create the various factors that contribute to the growth of the industry, it is necessary to define them as "push and pull" factors. Push factors drive the industry to internal factors to adapt and consume products. These factors are intrinsic and depend on socioeconomic conditions for intangible demographic and market data. The pull factors are related with external forces that

attract the industry about the consumption of same product [6].

These "pull" factors; are dependent metrics related with innovative technological features that heavily dependent on the needs and behaviors of the consumer including; price, quality, entertainment, convenience and accessibility. In the context of this commitment, two key performance indicators are used. These are:

- Social Factors
- Economical Factors

Many of these factors are both "pushy and appealing" and some of these factors are primarily foreground. Only the socioeconomic factors are taken into account in the aim of this development. These factors are usually classified according to the rate of influence from pushing and pulling properties.

2.2. Basic Factors Affecting Demand

Permanency and flexibility are two of the best defining topics for air transport in the past few years. The huge increase of 6.4% in the passenger traffic in 2015 shows the highest growth rate (6.6%) since 2010. In addition, 2010 represented the period when the great recession was over. As a matter of fact despite the slight decline of 3.1% in economic growth in 2015, the growth in passenger traffic has approached the pre-recession growth levels between 2004 and 2007 [7, 8].

The adverse impact of international tourism in particular regions of the world, especially in Eastern Europe and the Middle East could not be avoided even if the ongoing geopolitical risks were taken into account in 2015. These risks have been reduced with discounts for international passengers. For this reason be able to evaluate various factors, the two KPIs are used in detail for the following subsections.

2.3. Social Factors

The dimension of social factors indicates that demand trends for aircrafts differ between the continents and the regions. However, demand models are strongly influenced by economic and

demographic factors, it is difficult to recognize the social factors playing an important role in demand models. Considering Boeing [7] and Airbus's market analysis [4, 9], factors that consider to be able to make future demand forecasts are in the context of social factors. Variables related to a range of economy, performance and productivity can be considered within the notions of "travel propensity" (pull) and "environmental awareness" (push) factors only on the social scene. Both factors are not independent of economic trends, but are not considered as the main factors. If the social dimension traditionally includes economic awareness, none of the above mentioned dimensions; including technological similarities, cultural characteristics, traditions, contracts, habits, behaviors (eg. saving behavior) as well as the population, demographic conditions and needs of a country are accounted for market analysis. "Second-class" factors have been taken into account in market analysis for major airlines and/or civil aviation companies.

2.3.1. Travel Trend

Travel passion; related with Gross Domestic Products in the civil aviation industry and the willingness of the passengers are take part in the strong dominant side. According to the global market forecast of Airbus, European and American citizens are the most enthusiastic travelers in the civil aviation industry and a large majority of the current level is thought to be formed by these communities for estimate this trend will be increased by 25% in the coming years. It is also estimated that the total population to travel by air in 2035 will correspond to approximately 75% of the population of developing countries [4], which is given by the Airports Council International (ACI) which places Atlanta, Beijing and Dubai in the top three ranks. The world is clearly visible in the traffic order of the airport.

ACI has reported worldwide growth of the civil aviation industry with 1.4 billion passengers passing through 1,179 airports and 14 largest passengers from 20 largest airports making up 18% of global passenger traffic [10]. These figures confirm the behavioral characteristics of the passengers and it is determined that there are various criteria to support

the growth factor of the social factor that constitutes the social factor in this direction as the "pulling" effect.

2.3.2. Environment Awareness

Reducing noise and fuel consumption in terms of reducing CO₂ emissions will continue to be a priority target and provided through the development of commercial aviation technologies. Innovative materials, latest aerodynamic designs and intelligent use will keep the development of motor technologies sustainable. Among other scientific groups and typical examples will continue to be developed in which weight reduction will significantly reduce fuel consumption. Specific technologies such as; advanced wing designs contribute to better fuel efficiency (eg, using composites) within production techniques that will be driven by intensive investment in research and innovation. All these applications are contribute to further reductions in emissions [7].

Much of this progress improves the economy of aircraft operations which directly impacts the profitability of airlines. This situation also provides the industry as a transition to a more sustainable scenario in which environmental impacts have been significantly improved. Compared to the 1960's, Boeing reported a significant reduction in both the noise of 90% and the emission of 70% from the jet engines production in the late 2000s [4, 7].

Thus, technology has been constantly monitored and improved through global regulations aimed at reducing emissions and controlling noise levels and environmentally friendly jet engines have been introduced under the "push" strategy to the industry to save fuel. In addition, advanced technology route map systems such as; Flightpath 2050 predicts that noise and emission levels should be respectively reduced by 65% and 70% [11].

2.3.3. Summary

Published reports and literature reviews show that the trend to travel over the next 20 years will continue to be a major "pullback" factor. However, civil aviation products are manufactured in order to achieve targets that exert pressure as a factor of "pushing" the sector in order to provide

environmental awareness must be kept under control.

2.4. Economical Factors

In any sector the economy plays an important role for covering the overall growth of the industry and the whole of civil aviation, so constantly increasing demand is no exception. When we look at the big picture according to the Airbus GMF 2016 report, there are more than 33,000 aircraft with 20 years demand for new passenger and cargo. The same report estimates that the civil aviation industry is worth US \$5.2 trillion highlighting the impact of market growth [4].

At the end of 2015, the report also showed an increase of 5.6% in revenue per kilometer (RPK) in emerging markets and 3.7% in developed markets. This is mainly influenced by the significantly changing economic factors among the regions. Some of the economic factors have an unpredictable future depending on regional local behavior and decisions. Other economic factors vary depending on the strategic decisions adopted by the companies. In order to be fully assessed, economic factors have been gathered in four categories as explained in the following subsections.

2.4.1. Major Economic Indicators

In civil aviation economic development is a strong indicator for market demand. The development of developing and developed regions is a scenario in which current producers are trying to address. Because the Gross Domestic Product (GDP) is a common indicator and it is very important to understand the real market demand. While GDP remains an important driving force for air transport, the relationship with the growth of civil aviation has developed overtime. This situation is evident at the global level and also it is based on service at the regional or country level. Airbus reported in the second quarter of 2016 that world traffic is below 2.6% of world GDP with an increase of 54% in passenger traffic and with an increase between 54 developing and 32 developed markets [4]. It is clear that GDP is not the only factor driving air traffic growth. Factors such as; private consumption, international trade, tourism, crude oil

prices, airline profits and productivity gains contribute to economic factors [12].

2.4.2. Liberalization

International air transport is governed by a dual system that set of approximately 60 year rules. A different system was designed to improve passenger and freight movement freely. There are restrictions on the number of airlines and the frequency of service on many international routes where many countries have airline ownership and restrictions on the control of foreign nationals with the Bilateral Air Service Agreements. Airlines have established a more secure, accessible and efficient industry than ever before. However it is necessary for countries' civilian aviation authorities to bring in potentially suitable policies to the airlines, the future success of the industry is based on a system that greater commercial freedom and serves business to existing markets [13]. Liberalization can be achieved in different ways. For example; agreements between bilateral agreements or trade blocs (ASEAN) constitute the appropriate environment for the liberalization of international air transport. The liberalization of operational and property constraints is neither an easy process nor a great benefit if it can be implemented. Experiences from other industries show positive effects that both consumers and producers can have. A modern, commercial and global airline industry requires modern, commercial and global rules.

2.4.3. The Financial Status of Airline Business Model

Low cost carriers (LCCs) have revolutionized the short haul market and have expanded consumer choice of air transport at the lowest cost. This has enabled them to achieve cost effectiveness and innovation in a leading position even in a challenging market. However as industry dynamics change, LCCs' business strategies have also changed. In order to compete for cost conscious and short haul passengers, many traditional full service airlines have re-engineered and accelerated their processes by designing new products. In addition costs have been lowered more aggressively, many routes have been priced under the criteria of proximity and tourist attraction. As a result, LCCs'

have to change or improve their business models except for the low ticket price strategy [14].

Today airline business models continue to evolve. While there has never been a clear distinction between low cost and charter carriers, today's airlines that use low-cost and short-haul modes of transportation are very different. Charter carriers that have implemented low cost carriers and unloading strategies which provide business route times, services and cheap prices multi passenger version strategies have differentiated the clear distinction in the past. LCCs' have even begun long haul transport services by competing with traditional network carrier airlines in end to end routes. Boeing predicted that the LCC models would account for 26% of the global share, but this ratio would continue to rise to 30%, 32% in 2025 and 2035 respectively [15].

2.4.4. External Shocks

Although the air transport industry is occasionally exposed to instant market shocks, the demands of the industry are flexible and services often seen as essential. Optional leisure activities for holiday activities have an important share in the industry. Over the past 30 years, the civil aviation industry has suffered economic crises linked to oil prices, along with stagnation caused by pandemic war and security threats. Air traffic has continued to grow at an annual average rate of %5, despite all these adverse conditions. Changes in the structure of the country's economy can also lead to short term effects in the industry. For example, although China's slowdown in GDP growth did not draw much attention in the media, air travel continued to perform well. This is because the sectoral structures that make up the travel behavior remain strong. The heavy industrial production and fixed investments are independently affected by the structure of rising demand industry [4].

2.4.5. Summary

In summary, the development of the industry shows the importance characterization of economic factors. While key economic indicators contribute to "pull" factors, liberalization and the airline business model can be viewed as internal "pushing" factors that cause the industry to adapt to ever

changing geo-economic variations. Over the years, there have been significant changes in the factors of pull and push in terms of technological and business models. These changes are shown as external shocks due to multiple events presented as both "push" and "pull" factors.

3. Findings and Discussions

In this research two findings which named as social and economical parameters are examined with push and pull factors with airline business models in the civil aviation industry. Besides external forces that attract the industry to influence the consumption of the same product as pull factors, socioeconomic conditions for tangible demographics and market data as push factors are examined too. In terms of the evaluation of pushing and pulling factors, basic key performance indicators constitute social and economic criteria which are taken into consideration from the factors about determining the passenger demand. The social factors are defined within the self travel tendency as environmental awareness and summary of both criteria about economic factors are defined such as; major economic indicators, liberalization, airline business model, external shocks and four criteria together. The concept of airline business model which is included in the economic factors, has been examined in the whole study together with the LCCs and it has been evaluated as one of the main elements of the 21st century civil aviation industry models by adding other concepts.

4. Results

In today's civil aviation industry, push and pull factors are significant for evaluating key performance indicators which named social and economical factors. Social factors indirectly affected economical factors and it has importance about brand image of an airline. Brand image is not a measurable and an economical parameter but it determines an airlines' level of location which shows the preferability of an airline by the customers. Furthermore, economical factors has an effect related with financial status of an airline. So, key performance indicators directly affected an airlines' business models for development. In this article, it is examined push and pull factors with

airline business models in the civil aviation industry.

Acknowledgement

The effect of airline business models in today's civil aviation industry related with push and pull factors with a connection of key performance indicators which are defined as social and economical factors. These issues help me for examine the structure of 21st century air transportation including the strategy of low cost model. Because of this I am lucky for finding enough information from the researchers to write this research article.

References

[1] ICAO, "Traffic growth and airline profitability were highlights of air transport in 2016," 2017.

[2] ICAO, "JAN 2017: Air Transport Monthly Monitor," 2017.

[3] IATA, "Air Cargo Ends 2016 on a Positive Note," 2017. [Online]. Available: <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-02-01-01.aspx>. [Date of Access: 15.06.2018].

[4] Airbus, "Global Market Forecast - Mapping Demand 2016-2035," 2016.

[5] Aerospace Growth Partnership, "Means of Ascent: The Aerospace Growth Partnership's Industrial Strategy for UK Aerospace 2016," 44, 2016.

[6] S. Baloglu and M. Uysal, "Market segments of push and pull motivations: A canonical correlation approach," *Int. J. Contemp. Hosp. Manag.*, 8(3), 32-38, 1996.

[7] Boeing, "Current Market Outlook 2014-2033," 2015.

[8] Boston Consulting Group, "Understanding the Demand for Air Travel: How to Compete More Effectively," 2006.

[9] Airbus GMF, "Global Market Forecast 2015," 2015.

[10] Airports Council International, "ACI Media Release," 2017. [Online]. Available: <http://www.aci.aero/News/Releases/Most-Recent/2017/04/19/ACI-releases-preliminary->

2016-world-airport-traffic-rankingsRobust-gains-in-passenger-traffic-at-hub-airports-serving-transPacific-and-East-Asian-routes. [Date of Access: 16.06.2017].

[11] M. Darecki et al., "Flightpath 2050," *Flightpath 2050 Eur. Vis. Aviat.*, 28, 2011.

[12] International Air Transport Association (IATA), "Economic Performance of the Airline Industry," 1-6, 2016.

[13] M. Smyth and B. Pearce, "Airline Liberalisation: Lessons from other industries on the impact of removing operational, ownership and control restrictions," 2007.

[14] Sabre Airline Solutions, "The Evolution Of The Airline Business Model -Technology and business solutions that give low-cost carriers the freedom to grow their businesses as they choose," 2010.

[15] Boeing Commercial Airplanes Market Analysis, "Current Market Outlook 2016-2035," 2016.



Geliş/Received : 11.09.2018 & Kabul/Accepted : 05.11.2018 & Yayınlanma/Published (online) : 23.12.2018

Hava Hukukunun Kapsamı ve Terminolojisi

Eser GEMİCİ*¹, Mehmet YEŞİLLER²

¹ Havacılık Yönetimi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

² Ticaret Hukuku Ana Bilim Dalı, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye

Özet

Sivil havacılık sektörü günümüzün en hızlı büyüyen ve üzerine en çok düşünülen alanlarından biri olarak görülmektedir. Bununla birlikte ilgili alan üzerine ortaya konulan egemenlik teorilerinin yanı sıra günümüze kadar sektöre ilişkin birçok uluslararası sözleşme, protokol hayata geçirilmiş ya da alana özgü eserler kaleme alınmıştır. Bu anlamda genç bir hukuk dalı olarak görülen hava hukukunun, 21. yüzyılda gelişen teknolojiye paralel olarak ilgili alanı kontrol etme çabası içerisinde olduğu ifade edilmektedir.

Montgolfier kardeşlerin 5 Haziran 1783 yılında Fransa'da balonlarının içerisinde sıcak hava doldurarak yaklaşık 2 kilometre civarında bir yolculuk gerçekleştirmişlerdir. Sivil havacılık faaliyetlerinin başlamasının ilk adımlarından biri olan bu durum daha sonraları ulusal ve uluslararası anlamda sivil havacılığı düzenleyen hukuk kurallarının ve hava sahasının hukuki durumuna ilişkin teorilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu anlamda hava sahasının hukuki durumunu da içeren hava hukukunun kapsamı ve terminolojisinin değerlendirilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaç kapsamında; devlet, ülke, egemenlik, hava sahası, açık denizler, kıta sahanlığı, bitişik bölge, kutuplar, hava ülkesi, hava gemisi, hava taşıyıcısı, frekans, kapasite ve slot gibi hava hukukunun kapsamını oluşturan bazı başlıklar ile birlikte hava sahasının hukuki durumuna ilişkin ortaya konulan serbestlik ve egemenlik teorileri açıklanmaya çalışılmıştır. Hava sahası üzerine ortaya konulan teorilerin, hava hukukunun oluşum evrelerinde, devletlere yön veren ve günümüzde halen devam eden siyasi duruşlarına temel teşkil ettiği ancak bu durumun sivil havacılığın günümüzde ortaya koyduğu başarılı faaliyetler ve sektörün ekonomik büyüklüğü karşısında yine uluslararası sözleşmeler ile istisnalar kazandığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava hukuku, Havacılık hukuku, Hava sahası hukuki durumu

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Eser Gemici
esergemici@gmail.com

Alıntı/Citation: Gemici, E., Yeşiller M. (2018). Hava Hukukunun Kapsamı ve Terminolojisi, Journal of Aviation, 2 (2), 125-140. DOI: 10.30518/jav.458914

Scope and Terminology of Air Law

Abstract

Civil aviation sector is seen as one of the fastest growing and most widely thought areas of today. In addition to the theories of sovereignty which is revealed about the civil aviation activities, to date many international conventions, protocols which are about civil aviation activities have been actualized in the sector and area-specific studies have been done. In this sense, it is stated that air law which is seen as a young branch of law is still being developed to be in coordinance with civil aviation and new technologies in the 21st century.

In France on June 5, 1783, Montgolfier Brothers filled their balloons with hot air and traveled around for 2 kilometers. As one of the first events in civil aviation history, this situation later led to the emergence of legal rules regulating civil aviation in national and international terms and theories on the legal status of airspace. In this sense, the scope and terminology of air law, including the legal status of the airspace, constitute the subject of the study. From this point of view, all the topics covered by air law, such as state, country, sovereignty, airspace, open seas, continental shelf, contiguous zone, poles, aerial domain, airship, air carrier, frequency, capacity and slot, and the theories of freedom and sovereignty presented to the legal status of the airspace were tried to be explained. The theories laid out on the airspace, in the formation phase of the air law, is the basis of the political standing that directs states, but this situation has gained exceptions with international agreements in the face of as the success of civil aviation and the economic dimension of the sector.

Keywords: Air law, Aviation law, Legal status of airspace

1. Giriş

Montgolfier kardeşlerin 5 Haziran 1783 yılında Fransa'da balonlarının içerisine sıcak hava doldurarak yaklaşık 2 kilometre civarında bir yolculuk gerçekleştirmeleri hem sivil havacılık faaliyetlerinin başlaması adına ilk adımlardan biri olması nedeniyle hem de sivil havacılığı düzenleyen hukuk kurallarının ortaya çıkması bakımından büyük önem arz etmektedir [1, 2, 3]. Diğer yandan ilk havacılık hukuku kuralları bu girişiminden sadece bir yıl sonra hayata geçirilirken [2], Wright kardeşlerin 1903 yılında havadan ağır ve motor gücü ile uçabilen hava aracını uçurmayı başarmalarından [4] sadece yedi yıl sonra ise uluslararası ilk havacılık konferansı Paris'te toplanmıştır [2, 5].

Hava hukukunun doğum aşamalarını oluşturan bu süreç, hava hukukunu ulusal ve uluslararası anlamda şekillendirmekte olup günümüze kadar devam etmiş ve halen devam etmektedir. Hava hukukunu ortaya çıkaran bu süreç, hava hukukunun tüm akademik doktrinde tatmin edici bir tanımının ortaya konulamamasını da beraberinde getirmiştir [6]. Diğer yandan hava hukukunun ortaya çıkması ile birlikte devletlerin hava sahalarına ilişkin hukuksal statü de bir başka problemi oluşturan unsur olmuştur. Bu anlamda ortaya atılan bazı görüşler, devletlerin hava sahasının hiçbir

kısıtlamaya maruz kalmadan uluslararası toplumun yararlanabileceği bir alan olduğunu ileri sürerken, bazı görüşler ise hava sahasının yükseklik anlamında hiçbir sınırın konulmadığı şekliyle devletlerin mutlak egemenliği altında olduğunu kabul etmektedirler [5, 7-15].

Tüm bu gelişmeler dikkate alınarak çalışmada hava hukukunun kapsamı oluşturan unsurların neler olduğu ortaya konulmakta ve bu unsurların ortaya çıkardığı ve hava sahasının hukuki durumuna ilişkin teoriler açıklanmaya çalışılmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Hava Hukukunun Kapsamındaki Unsurlar

Kendine has otonomisi, politik ve uluslararası niteliği nedeniyle neredeyse hukuk sistemi içerisindeki tüm dallar ile ilişki içerisine girmiş olan hava hukukunun, tüm hukuk sisteminin içerisindeki yerinin belirlenmesinin zorluğunun yanında, kapsamı hususunda da geniş ve dar anlamlarda tanımlanmakta olduğu görülmüştür [50]. Bu bakımdan hava hukukunun dar manada sadece havacılık faaliyetleri ile sınırlı hukuk kurallarını; geniş anlamda, hava sahası ve bu hava sahasından yararlanma ile ilgili tüm hukuk kurallarını

içermekte olduğu görülmektedir [8, 19, 51]. Buradan hareketle çalışmamızda hava hukukunun dar ve geniş manada kavramsal tanımının ortaya konulması çalışmalarında esas alınan devlet, ülke, egemenlik, hava sahası, hava sahası üzerindeki serbestlik ve egemenlik teorileri, açık denizler, kıta sahanlığı, bitişik bölge, kutuplar, hava ülkesi, hava gemisi, hava taşıyıcısı, frekans, kapasite ve slot gibi bazı unsurlar açıklanmaya ve günümüzde hızla değişen havacılık faaliyetlerine ilişkin gelecekte hava hukukunun kapsamına hangi yeni kavramların dahil olabileceğine ilişkin önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

2.1.1. Devlet

Doktrinde devletin oluşumu üzerine görüş birliği olmadığı gibi nasıl ortaya çıktığı hususunda da görüş birliğinin bulunmadığı görülmektedir [16]. Bunun yanında hukuksal bir varlık olarak algılanan devlet [14], kendi iradesini egemen kılabilme, başkalarının davranışlarını denetleyebilme, bunun yanında bir şeyi yapmaya ya da yapmamaya zorlayabilme gücüne sahip siyasal bir iktidarı içinde barındıran toplum ya da topluluklar şeklinde tanımlanmaktadır [16].

Devlet, diğer bir tanımla sınırları belli bir coğrafyada ya da ülkede yaşayan ulus ya da halkı oluşturan insan topluluğunun meydana getirdiği egemenlik ve hakimiyet denilen üstün iradeye ve güce sahip tüzel kişidir [17]. Yine devlet insan topluluklarının gelişimi sürecinde sadece örgütsel bir aşamayı yansıtan alan olarak ifade edilmektedir [18].

Laswell (1958) ise devleti günümüzde sadece bir hukuksal kurallar bütünü şeklinde değil, çok çeşitli grupların birlikte yaşadıkları, iktidarı elde edebilmek ve onun nimetlerinden faydalanabilmek adına hiç durmaksızın bir mücadele içerisinde oldukları alan olarak tanımlamaktadır [Aktaran 18].

Bu tanımların yanı sıra uluslararası hukukun statüsünün ve ilişkilerinin düzenlendiği temel birim olarak devletler gösterilmektedir. Devletleri oluşturan kurucu öğeler dikkate alınarak tanımlamalar yapılmaktadır. Bu anlamda uluslararası hukukta yer edinmiş bir tanımlama ile devlet en az üç temel öğenin bir araya gelmesinden meydana gelmektedir. Bu nedenle bir insan

topluluğu, bir ülke ve hiçbir üst otoriteye bağlı olmayan siyasal yönetim gibi üç temel öğeyi bünyesinde barındırması halinde devletin varlığından bahsedilmektedir [19]. Önen (2005), devletin üç temel öğesinden ilk ikisini sosyolojik öğeler olarak tanımlarken, son temel öğe olan siyasal yönetimi hukuksal öğe olarak tanımlamaktadır. Siyasal yönetim, egemenliği ve egemenlik yetkilerini kullanan tüzel kişilik olarak görülmektedir [20].

2.1.2. Ülke

Ülke genel anlamda bir toprak parçası olarak ifade edilirken aynı zamanda devletin kara ülkesi olarak da tanımlanmaktadır. Eğer devletlerin kara ülkeleri denizler ile kesişiyorsa buralara da deniz ülkeleri denilmektedir. Deniz ülkeleri devletlerin kara sularını ifade etmektedir. Eğer denizler Van Gölü ve Hazar Denizi gibi iç denizler şeklindeyse buralarda kara sular konu edilmemekte ve buraların tamamı devletin ülkesi olarak kabul edilmektedir [21].

Ülke, uluslararası sivil havacılık sözleşmeleri ve anlaşmalarında da bir devletin ülkesinden maksatla belirtildiği üzere; o devletin hakimiyeti, hükümlerliği, himayesi veya mandası altında bulunan arazi ile ona bitişik olarak bulunan kara suları şeklinde tanımlanmaktadır [22].

Tüm bu tanımlamalardan anlaşılacağı üzere ülke denildiği zaman yalnızca ülkenin kara parçaları anlaşılmaz; bunun yanında o ülkeyi çevreleyen denizler, ülke içerisindeki göller ve akarsular ile ülke üzerindeki hava tabakası ya da sahası da anlaşılmaktadır [14]. Buradan hareketle ülke, dünyanın ilgili devletin egemenliğine bırakılmış bir kesimi olarak üç kısımdan oluşmakta ve bunlar Kara, Deniz ve Hava Ülkesi olarak ifade edilmektedir [20, 23].

Hava hukuku açısından ise devletlerin kara ve deniz ülkeleri üzerindeki hava sahaları da ilgili ülkelerin hava ülkesi olarak kabul edilmekte görülmektedir [21].

2.1.3. Egemenlik

Devletlerin manevi tarafını oluşturan egemenlik [14], bir ilişki türü olarak uluslararası ilişkilerin kurucu unsuru olan, kendisine eş veya kendisinden

üstün bir gücün varlığı kabul edilmeyen ve sadece devlete ait olan bir irade ve üstünlük olarak görülmektedir. Daha önceleri tüm teokratik teorilere göre Tanrı tarafından bahşedilmiş bir yetki olarak görülen egemenlik [24], günümüzde devletin öznel bir hakkı olarak anlaşılmakta ve bu anlamda devletin, içerisinde bulunan tüm hukuksal varlıkların, kurum ve kuruluşların ve bütün kişilerin iradelerinden daha büyük bir iradeye sahip olduğu belirtilmektedir [21].

Egemenlik terim olarak uzun zamandır kabul edilen görüşlere göre, mevcut bir toplumdaki nihai ve mutlak siyasi otorite olarak tanımlanmaktadır [25]. Fakat Özlük ve Doğan (2010) egemenliğin sadece siyasi bir otorite olarak tanımlanmasının, onu kurumsal bir çerçevede somut bir yapıya sokmak olacağını bu anlamda egemenliğin sadece siyasi olarak değil aynı zamanda sosyolojik ve ekonomik bir pratik olarak da tanımlanması gerektiğini ifade etmektedirler [26].

Diğer bir tanımlamayla egemenlik, ülke yönetiminin, ülke ve nüfus üzerinde gerçekleştirdiği denetiminin aynı zamanda ülke dışında diğer devletler ile ve uluslararası kurum ve kuruluşlar karşısında da bağımsız olarak hareket edebilmesinin çerçevesini belirleyen hukuksal yönü olarak ifade edilmektedir [20].

Başka bir tanımda ise egemenlik kavramının günümüzde iktidar olgusu üzerine tesis edilen siyasi egemenlik ve hukuk kuralları içerisinde bağımsızca hareket edebilme yetkisini veren hukuksal egemenlik olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmektedir. Bu açıdan uluslararası manada, devletin, hukuksal anlamda herhangi bir dış ya da daha üstün siyasi iktidara bağlı olmadan ve yalnızca uluslararası hukuk kaideleri ya da devletin kendisinin kabul gördüğü ilişkileri ile sınırlanan, bağımsız bir şekilde karar verme yetkisi olarak tanımlanmaktadır [19].

Son olarak egemenliğin uluslararası hukukun temel ilkelerinden biri olarak görüldüğü, bununla birlikte küresel anlamda kurumsal çevre ile birlikte sürekli gelişen, dinamik bir yapıya sahip olan egemenliğin terim olarak ise sıklıkla siyasi anlamda kullanıldığı belirtilmektedir. Egemenliğin havacılık anlamında hava sahasının mülkiyetini ifade etmekte olduğu ve diğer bir deyişle ulusal hava sahası

üzerinde yasama, yürütme ve yargı yetkilerinin kullanılması hususlarında devletin münhasır yetkili olması olarak tanımlandığı görülmektedir [27].

2.1.4. Hava Sahası

Hava sahası, Fransızca “Espace Aerien”, Almanca “Luftraum” ve İngilizce “Airspace” kelimelerinin karşılığı olarak kullanılmakta olup, yeryüzünden başlayarak uzaya kadar hava tabakaları ile kaplı olan sahanın tanımı için kullanılan kelime olarak ifade edilmektedir. Bunun yanında uzayın buradan itibaren geriye kalan kısmının hukuki niteliğinin hava hukukunun değil uzay hukukunun alanına girdiği belirtilmektedir [28].

Aynı sahayı tanımlamak için hava uzayı ya da hava boşluğu gibi terimlerin de doktrinde kullanıldığı gözlenmekte fakat bu terimlerin uzayın daha çok üç boyutlu durumunu ifade etmekte oldukları, yazında ve uygulamalarda bu terimlerden ziyade hava sahası teriminin kullanıldığı görülmektedir. Tüm bu açıklamalardan hareketle genel anlamda hava sahası teriminin hava denilen kütleyi değil, belirtilen hava kütlesi ya da tabakalarda yapılan faaliyetlerin veya meydana gelen olayların cereyan ettiği, hukuki bir statüye sahip alanı ifade ettiği belirtilmektedir [29].

Hava sahasının iki veya çok taraflı sözleşmelerde, anlaşmalarda, ulusal ve uluslararası hukuksal düzenlemelerde ya da bu hususlarda yazılmış tüm doktrinde ulusal hava sahası ve uluslararası hava sahası olmak üzere ikiye ayrıldığı görülmektedir [19]. Fakat bundan önce doktrinde hava sahasının serbestliğinin ölçüsü ve hava sahası üzerindeki egemenliğin sınırlarının belirlenmesi adına ortaya konulan görüşlerin ve teorilerin ulusal ve uluslararası hava sahasının daha iyi anlaşılması bakımından irdelenmesi gerekliliği önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmanın amacına ilişkin olarak ilgili konu incelenecektir.

2.1.5. Hava Sahasının Hukuki Durumu

Devletlerin kara ve deniz ülkeleri üzerinde yer alan hava sahalarının varlığı kabul edilen bir alanı oluştururken, bununla birlikte bir de açık denizler ya da kutuplar gibi bölgeler üzerinde de hava sahalarının mevcudiyeti bulunmaktadır. Gerek devletlerin kara ve deniz ülkeleri, gerekse açık

denizler ve kutuplar üzerindeki hava sahalarının genişliği, sınırları ve bunlar üzerindeki egemenlik haklarının neler olduğu hususlarında kabul edilir bir prensibin belirlenmesi ya da fikir birliğine varılması konusu hukukçular arasında birçok tartışmanın yaşandığı alanı oluşturmaktadır [30-31]. Çünkü hava sahasında nehirler, göller, denizler ya da insan yapımı gümrükler gibi sınırlar bulunmamaktadır [9]. Doktrinde de görülmüştür ki geçmişten günümüze süregelen bir tartışma halini alan bu konu, bir anlamda ulusal ve uluslararası sözleşmeler, anlaşmalar ve yasal düzenlemelere konu olmuş ve tartışmanın iki soru üzerine yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Bu sorular; devletler hava ülkeleri üzerinde egemen midirler, yoksa bu saha bütün devletlerin yararlanabileceği bir alanı mı oluşturmaktadır [7-8, 14]?

Gökyüzünde uçuşlar başlamadan evvel “Dominus Soli”, yer yüzüne hakim olan “Dominus Coeli” onun havasına da hakim olur görüşü genel kabul görmekteydi [11]. Fakat hava araçlarının ilk defa devletlerinin sınırlarını geçmeye başlaması ve farklı ülkeler üzerinden geçerek bambaşka ülkelerin topraklarına inmeye başlamasının ardından yukarıda belirtilen görüşün yerini, dört ayrı kategorik fikre bıraktığı belirtilmektedir. Bu zıt fikirler;

- Hava sahasının serbest olduğunu savunan görüş,
 - Mutlak Serbestlik
 - Sınırlı Serbestlik
- Hava sahasının devlet egemenliğine tabi olduğunu savunan görüş,
 - Mutlak Egemenlik
 - Sınırlı Egemenlik görüşleridir [7, 9, 11-12, 15].

Buradan hareketle hava sahası ile devlet arasında cereyan eden hukuki durumun daha iyi açıklanabilmesi adına hava sahasının serbest olduğu görüşü ve hava sahasında devletin egemen olduğu görüşü olmak üzere belirtilen iki farklı görüşün ışığında devletlerin hava ülkeleri üzerindeki egemenlik haklarının ve ilgili hava sahalarının serbestlik sınırlarının irdelendiği serbestlik ve egemenlik teorileri incelenecektir.

2.1.5.1. Serbestlik Teorisi

Hava hukuku alanında yazılan ilk kitabın yazarı olan Fauchille, gökyüzünün açık denizler gibi tüm insanlığın malı olduğunu dile getirmekte, bu anlamda insanlığın sahip olduğu bu alanda serbestlik rejiminin uygulanmasının zorunlu olduğunu ifade etmektedir [3, 9-10, 28, 32]. Hava sahasının serbest oluşu, hava sahasının üzerinde bulunduğu devletlerin ülkesine dahil olmayıp ilgili devletlerin kara ve deniz ülkeleri üzerindeki hava sahasında egemenlik haklarının olmaması anlamına geldiği şeklinde açıklanmaktadır [14].

Havacılık adına yeni buluşların özgürlük olmadan gelişemeyeceğini ve hava sahasında fiili bir devlet hakimiyeti kurulamayacağını ileri sürerek [12] serbestlik teorisini savunanların, bu teorilerini Roma Hukuku'nda havanın da deniz gibi herkes için ortak alanı oluşturduğu (res communis omnium) görüşünün kabulüne dayandırmakta oldukları ifade edilmektedir [14, 33]. Serbestlik teorisini savunanlar da kendi aralarında ikiye ayrılmış ve bir kısmı hava sahasının tamamen serbest olduğunu savunurken; diğer kısmı ise hava sahasının sınırlı serbestinin bulunduğunu ileri sürmüşlerdir [5].

2.1.5.1.1. Mutlak Serbestlik

Hava sahasının mutlak serbest olduğu iddiasında bulunanlar sayıca az oldukları gibi bu iddiayı dile getirenlerin hava ile hava sahası arasında ne gibi bir farkın olduğunu dikkate almadıkları belirtilmektedir [14]. Mutlak serbesti savunucuları, hava sahasının tamamen serbest olduğunu ve herhangi bir egemenliğin bu sahalar üzerinde kurulamayacağını ileri sürmektedirler [12, 34]. Hazeltine (1911) politik yazarların bu husustaki farklı görüşlerini aktarmaktadır;

- Wheaton, hava sahasının tamamen serbest olduğunu, havanın da deniz gibi bir unsur olması nedeni ile herkese ait olduğunu ve buradan hareketle hiçbir devletin bu alan üzerinde egemenlik kuramayacağını,

- Bluntschli, hava sahasının sınırlarının belirlenmesinin, onun çevrelenmesinin imkansız olduğunu, bu nedenlerden dolayı hava sahasında hiçbir otoritenin bulunmadığını,

- Pradier-Fodere ve Stephen, büyük hava akımlarının meydana geldiği hava sahasının yasal olarak devletlerin egemenliği altında olamayacağını,

- Brüksel'den Profesör Ernest Nys., hava sahasında ya da uzayda egemenlik veya mülkiyet haklarının ileri sürülemeyeceğini ve bu alanlarda devletlerin egemenlikleri konusunda aciz, yetersiz kalacaklarını tüm bu sebepler ile hava sahasının herkese açık ve serbest olduğunu ileri sürmektedirler.

Buradan hareketle, Profesör Ernest Nys. dışında tüm bu politik yazarların hava sahasını bir element olarak gördükleri, fakat Profesör Ernest Nys.'nin hava sahasında neden mülkiyet ve egemenlik kurulamayacağı hususunda genel ve geniş kapsamlı bir doktrin ortaya koyan tek yazar olduğu dile getirilmektedir [5, 10, 13].

Yukarıda da belirtildiği üzere aslında mutlak serbestiyi savunanlar uluslararası toplum tarafından kabul edilmiş açık denizlerde uygulanan ve birçok avantajı bulunan rejimin aynı kriterler ile hava seyrüsefer hizmetlerine de uygulanabileceğini ve hava sahasının tıpkı açık denizlerde olduğu gibi herkese açık ve serbest olması gerektiğini ileri sürmekte ve bu durumu savunmaktadırlar [31]. Gökyüzünün özgür olduğunu savunan ilk yazar olarak gösterilen Fauchille'nin de hava sahası üzerinde herhangi bir egemenliğin tahsis edilmesinin, asla düzeltilemeyecek, dengesiz bir durumu ortaya çıkaracağını ifade ettiği belirtilmektedir [11, 15].

Fakat sonuç olarak günümüzde hava sahasının serbest olduğu görüşü uluslararası sözleşmeler, anlaşmalar, ulusal yasal mevzuatlar gibi neredeyse tüm hukuksal düzenlemelerde hayat bulamadığı ve doktrinde de savunucularının kalmadığı ifade edilmektedir [14].

2.1.5.1.2. Sınırlı Serbestlik

Hava sahasının sınırlı serbestiyeye sahip olduğunu savunun görüş, devletlerin hava sahaları üzerinde belli haklara sahip olduğunu ileri sürmektedirler. Bu görüşü savunanlar, birinci olarak devletlerin belirli haklara sahip olabileceği belli alanların belirlenmesi ya da ikinci olarak devletlere sonsuz yükseklikte

korunma hakları tanınması gerektiğini ortaya koymaktadırlar [14].

Birinci görüşe göre herhangi bir yerin sahibi olunduğunun ileri sürülebilmesi için ilgili yerin fiilen ve sürekli olarak işgal edilmesi gerektiği dile getirilmektedir. Bu noktada hava sahasının serbestliğinin sadece devletlere kesin olarak tanımlanmış haklar ile sınırlanabileceği ve yapılabilecek en yüksek binanın yüksekliğinin hava sahasının devlete tanınan sınırı olacağı ve bu sınırın üzerindeki tüm hava sahasının serbest ve işletilebilir olduğu belirtilmektedir [31]. Başka bir ifadeyle hava sahası tıpkı denizlerde kara suları, açık denizler şeklinde yapılan ayırmada olduğu gibi ikiye bölünmekte ve devletin hava ülkesi ve bunun dışında bulunan açık hava sahası şeklinde tanımlanmaktadır [7, 12, 32].

İkinci görüşe göre ise yine hava sahasının serbest olduğu kabul edilmekte ancak devletlerin barış ya da savaş zamanlarında hava sahası üzerinden gelebilecek herhangi bir saldırıya karşı kendilerini koruma hakkı olduğu belirtilmektedir [16, 34]. Bir başka deyişle hava sahası serbesttir fakat dünya üzerindeki devletlerin yaşamak ve korunmak gibi haklarının saklı kaydı bulunmaktadır. Bu görüş kayıtlı serbestlik veya kayıtlı hakimiyet olarak da tanımlanmaktadır [12].

Devletler Hukuku Enstitüsü'nün 1902 yılında gerçekleştirdiği toplantıya 32 maddeden oluşan bir yönetmelik veren Paul Facuhille, hava hukukunun bir rejiminin oluşmasını arzulamaktaydı. Enstitü'nün 1906 yılında gerçekleştirdiği toplantıda 1. maddede; "hava serbesttir" prensibini kabul ve ilan etmiş olduğu ifade edilmektedir. Hava serbesttir prensibini savunanların ana çıkış noktasının aslında hava seyrüseferlerini teminat altına almak olduğu belirtilmektedir. Ancak zamanla devletlerin havadan gelebilecek saldırılara karşı korunma ihtiyacının ikinci görüşün oluşmasına zemin hazırladığı görülmektedir. Paul Facuhille'nin havalarda serbesttir fikrini kısmen değiştirerek, Enstitü'nün 1910 Paris ve 1911 Madrid toplantılarında hava sahasında sadece seyrüsefer serbestisinin olması gerektiğini raporlar halinde sunmuş olduğu aktarılmaktadır. Enstitü'nün bu fikri, 1911 Madrid toplantısında "devletlerin kendi emniyeti ile ilgili devlet sınırlarında ikamet

eden şahısların can ve mal güvenliği hususlarında belirlenecek kimi tedbirleri alma hakkı saklı kalmak kaydı ile uluslararası hava seyrüseferi serbesttir” şeklinde prensip olarak kabul ve ilan ettiği görülmektedir [5, 9, 12, 14, 35]. Fakat 1910 yılında Paris’te gerçekleşen ilk hava hukuku toplantısında, hava sahalarında sınırlı serbestlik hakkının sağlanabilmesi için adımlar atıldığı ancak İngiltere’nin sert muhalefeti nedeniyle bu fikrin hayata geçirilemediği ve toplantıdan bir neticenin alınmadığı belirtilmektedir [28].

2.1.5.2. Egemenlik Teorisi

Yukarıda belirtilen serbestlik teorisi prensibini savunan düşünürler, yazarlar, hukukçular olduğu gibi egemenlik teorisini prensibini de savunanlar olmuş ve devletlerin hava sahalarında hakimiyet sahibi olmaları gerektiğini ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu anlamda devletlerin kendi hava sahaları üzerinde egemen olmaları tüm hava hukuk sisteminin altında yatan temel prensip olarak gösterilmektedir [36]. Devletlerin kendi hava sahalarında egemen olduğu görüşü ilk defa E. Zitelmann tarafından ortaya atıldığı dile getirilmekte [12] ve egemenlik teorisi savunucularının belirttiği devletlerin sınırlı dahi olsa kendi hava sahaları üzerinde egemen olmaları gerektiği hususunun ulusal ve uluslararası anlamda daha fazla kabul gördüğü ifade edilmektedir [14]. Kabul gören bu anlayışın temel problemi ise hava sahasında vücut bulacak bir egemenliğin tüm hava sahasında geçerli mutlak bir egemenlik mi olacağı yoksa devletlerin hava sahalarında egemenliklerinde sınırlı bir hakka mı sahip olacakları şeklinde tanımlanmaktadır [5, 37-38].

Bir diğer husus olan devletlerin hava sahasının yüksekliğinin sınırlarına ilişkin de tartışmalar halen günümüzde devam etmekte olup Hazeltine (1911) ve Nijeholt, (1910) çalışmalarında çeşitli yazarların bu husustaki fikirlerini aktarmaktadırlar;

- Alman Hukukçu Von Ulmann, hava sahasında belirlenecek sınır için insanoğlunun ulaşabildiği yükseklik kadar olması gerektiğini,

- Baldwin, her devletin çıkarları doğrultusunda kendi toprakları üzerindeki hava sahasının sınırlarını belirleme hakkına sahip olduğunu,

- Collard, devletlerin kendi toprakları üzerinde hava sahasının sınırlarını sınırsız yükseklikte belirlemekte hakimiyet sahibi olduklarını,

- Von Holtzendorff, hava sahasında egemenliğin 1000 metre (yaklaşık 3000 feet) yüksekliğe kadar olması gerektiğini,

- Chretien ise egemenliğin dikeyde, devletlerin kendi denizleri ve toprakları üzerine yerleştirecekleri savunma sistemlerinin ulaşabildiği yükseklikten fazla olmaması gerektiğini ifade etmektedirler [5, 10].

Genel anlamda yazarların dile getirdikleri hususun, devletlerin hava ülkelerinden gelebilecek tehlikelere karşı korunma hakkı gereği tüm devletlerin toprakları üzerindeki hava sahalarında tam ya da sınırlı egemenlik haklarına sahip olduklarının ortak anlam içerdiği ifade edilmektedir [5, 10, 39]. Fakat bu anlamda devletlerin hava sahalarında tam ve münhasır egemenlik sahibi olmalarına karşı kısıtlamaların hiçbirinin haklı bir tarafının olmadığı, bu duruma en iyi kanıtın uluslararası kara yolları olduğu ve devletlerin çıkarları gereği uluslararası hava trafiğinde geri kalmak istemeyecekleri belirtilmektedir [10]. Diğer yandan devletlerin egemenliklerinin dikey olarak nereden başladığı ve nerede bittiği hususundaki belirsizlik sonuca bağlanmamış şekilde durmakta olup, egemenlik teorisinin hala karanlık noktasını oluşturmaktadır [3, 40].

Son olarak, egemenlik teorisi prensibinin aslında hiçbir hava aracının hava sahasını kullanacağı bir devletin izni olmadan bu hava sahasını kullanmaması gerektiğini ve eğer ilgili ülkenin izni bulunuyorsa bu hava sahasını kullanırken hava hukukuna ve ilgili devletin yasalarına ilişkin tüm kaidelere uyması zorunluluğunu içermekte olduğu belirtilmektedir [28, 31].

2.1.5.2.1. Mutlak Egemenlik

Hava ve kara alanı karakter olarak farklı olsa da karalar her zaman bir devletin asıl parçasını oluşturmaktadır. Bu noktada hava sahası devletlerin kara ülkeleri üzerinde egemenlik haklarına ilişkin uygulamaların yapılabileceği tamamlayıcı bir unsur olarak gösterilmektedir. Hava ve kara ülkesi devletlerin varlığı için temel teşkil etmekle birlikte tıpkı uluslararası karayolları gibi tüm ülkeler için

önem arz etmektedir. Uluslararası karayolları trafiğindeki artışın devletlerin ekonomik anlamda gelişimi için çok büyük öneme sahip bir unsur oluşturmakta olduğu ve burada devletlerin bağımlı olmalarından, esaret altında olmaları ya da egemenlik haklarında herhangi bir azalma veya kayıp halinden bahsedilmediği görülmektedir. Bu noktada, hava sahasının uluslararası hava trafiğinin büyümesi ve gelişimi için herkese açık olması gerektiği iddiasında bulunan görüşlerin karayolları üzerinde bulunan egemenlik dikkate alındığında değersiz ve anlamsız olduğu sonucunun ortaya çıktığı belirtilmektedir [10].

Devletlerin hava sahaları üzerindeki hakimiyetleri fiziksel anlamda bir sahiplenmeden ziyade ilgili alanın kontrolünü içermektedir [32]. Bununla birlikte burada devletlerin hava ülkeleri üzerinde tam egemen olması gerektiği düşüncesi dile getirilmekle birlikte aynı zamanda hava sahasının mutlak karakterini tanımlamak ve diğer devletlerin ilgili hava sahasında herhangi bir hak talebini ortadan kaldırmak için Roma Hukuku'nun arazi mülkiyetine ilişkin olarak uygulanan ilkesi (dominus soli est dominus usque ad sidera et usque ad inferos) temel alınmaktadır [31, 41].

Buradan hareketle tartışmaların, devletlerin hava ülkelerinde egemenliklerinin hem yükseklik itibariyle hem de hukuki anlamda mutlak bir hakimiyet mi yoksa sınırlı bir hakimiyet mi noktasına taşınmış olduğu görülmektedir [14]. Bununla birlikte 29 Haziran 1910 yılında Paris'te gerçekleştirilen ama bir sonuca bağlanamayan ilk Uluslararası Hava Seyrüseferi Konferansı (First International Conference on Air Navigation) devletlerin hava sahalarında egemenlikleri konusunda belli başlı düşüncelerin ortaya konmasına aracılık etmiştir. Bu düşüncelerden biri olan ve günümüz pozitif hukuku tarafından da kabul edilen düşünceye yakın görülen "Devletler kara ve deniz ülkeleri üzerindeki hava sahalarında sınırsız yetkiye sahiptir" düşüncesi olmuştur [9, 37].

Hava sahasının devlet egemenliğinde olduğu genel olarak kabul edilinceye kadar 1909 ve 1914 yılları arasında hava sahasının serbest olduğu kabul gören bir yaklaşım olarak benimsenmekteydi. Fakat I. Dünya Savaşı'ndan önce İngiltere, Almanya, Rusya, İtalya ve Fransa gibi ülkeler hava sahalarını

uçuşlara kapatmışlardır. 21 Kasım 1911 tarihinde yayınlanan Fransız Devlet Başkanlığı Kararnamesi'nde; "Fransız bulutları Fransızlarındır" denmekte ve devletlerin hava sahalarında egemen olma eğiliminde oldukları görülmektedir. Devletlerin hava sahalarında egemen olma anlayışı I. Dünya Savaşı'nda da kendini göstermiş ve savaş boyunca ilgili ülkeler hava sahalarını kapatmışlardır. Bu noktada Spaight (1919), devletlerin sahip oldukları kara ve deniz ülkeleri üzerindeki atmosferi kontrol etme arzularının yanlış ya da doğru olsun yeni bir prensibin ortaya çıkmasına vesile olduğunu ifade etmektedir [13].

Bu durum 13 Ekim 1919 tarihli Paris Konvansiyonu'nun (Hava Seyrüsefer Antlaşması – Convention sur La'navigation aerienne) ilk maddesinde "Her devlet ülkesi üzerindeki hava sahasında mutlak ve münhasır egemenliğe sahiptir" şeklinde kayda geçmiştir [6, 9, 39, 42-47]. 7 Aralık 1944 yılında gerçekleştirilen Şikago Konferansı'nda da Paris Konvansiyonu'nda egemenlik hususunda kabul edilen madde değiştirilmeden aynı şekliyle sözleşmenin 1. maddesi olarak kabul edilmiştir [44, 46, 48].

Tüm bu gelişmeler ışığında devletlerin hava sahalarında egemen olmaları gerektiği hususunda düşünceler ifade edip bir prensip ortaya koymaya çalışan ve bu noktada savaş veren Hazeltine, Ullmann, Baldwin ve Nijeholt gibi hukukçuların bu savaşı kazandıkları ifade edilmektedir [13].

2.1.5.2.2. Sınırlı Egemenlik

Sınırlı egemenliğe ilişkin olarak ise bu görüşü savunanlar hava sahasında egemen olacak devletin bu egemenlik haklarının belli bir yükseklik ve nitelik yönünden sınırlandırılması gerektiğini dile getirmektedirler [14].

Burada kural olarak atmosfer devletlerin egemen olduğu alan olarak kabul edilmekle birlikte uluslararası anlamda uçabilirlik sertifikasına sahip ve bu anlamda havacılık faaliyetlerinde bulunacak hava araçlarının oluşturacağı hava trafiği lehine olacak şekilde bir kısıtlama öngörülmektedir [31].

Bu teoriyi destekleyen hukukçularda bu sınırlılıklara ilişkin;

- Von Holtendorff, hava sahasında egemenliğin yerden 1000 metre (yaklaşık 3000 feet) yüksekliğe kadar olması gerektiğini,
- Fauchile, 1,500 metrenin altında uçuşun yasak olması gerektiğini,
- Von Bar, egemenliğin yerden sadece 50 ya da 60 metre yüksekliğe kadar olması gerektiğini,
- Von Liszt, egemenliğin hava seyrüseferi sırasında çıkılabilen yükseklik ya da devletlerin sahip olduğu top atışı yüksekliği kadar olması gerektiğini,
- Rivier, Pietri ve Hilti de hava sahasında egemenlik sınırının devletlerin sahip olduğu top atışı yüksekliği kadar olması gerektiğini ifade etmişlerdir [5, 49].

Devletlerin hava sahalarında dikeyde egemen oldukları sınırın tartışması günümüzde halen devam etmekte olup bunun dışında Profesör John Westlake, devletlerin hava sahalarındaki egemenliklerinin hukuki anlamda da sınırlı olması gerektiğini ileri sürmekte ve devletlerin hava sahalarında egemen olmaları gerektiğini kabul etmekle birlikte zararsız geçiş hakkının bu duruma getirilmiş bir istisna olması gerektiğini belirtmektedir [14, 31].

Bu durum 13 Ekim 1919 tarihli Paris Konvansiyonu'nun 2. maddesinde; "Sözleşmeye taraf devletlerden her biri diğer akit devletlerin hava araçlarına, bu konvansiyondaki şartlara bağlı kalmak kaydıyla, barış zamanlarında kendi ülkesi üzerinden zararsız geçiş serbestisi tanımayı taahhüt eder" ve 7 Aralık 1944 yılında gerçekleştirilen Şikago Konferansı sözleşme metninin 5. maddesinde; "Sözleşmeye taraf devletlerden her biri diğer akit devletlere ait olup tarifeli uluslararası seyrüsefer hizmeti vermeyen hava araçlarının bu sözleşme şartlarına bağlı kalmak şartı ile önceden izin alınmasına gerek kalmadan ülkesi dahiline girme veya ülkesi üzerinden durmaksızın uçuş ve seyrüsefer dışındaki maksatlar ile iniş yapma hakkını tanırlar" belirtilmiş olup devletlerin hava ülkeleri üzerindeki egemenliklerine ilişkin sözleşmeye taraf devletlere istisna tanıdıkları ve bu anlamda egemenliklerinin sınırlandırılmasına müsaade ettikleri görülmektedir [6, 8, 12, 28, 42, 46].

Serbestlik ve egemenlik teorileri üzerine yapılan tartışmalar, gelişen sivil havacılık ve uzay faaliyetleri nedeniyle, devletlerin hava, kara ve deniz ülkelerinde egemen olmaları gerektiği yaklaşımını zamanla güçlü kılmıştır. Bu anlamda devletlerin sivil havacılık sektöründen ekonomik anlamda uzak kalmamak adına uluslararası anlaşmalar, iki veya çok taraflı sözleşmeler ve iç hukuk düzenlemeleri ile egemenliklerine ilişkin istisnalara izin verdikleri görülmektedir. Bununla birlikte gelişen uzay teknolojisi nedeniyle devletler artık hava ülkelerinde egemenliklerinin yeryüzünden belli bir yükseklik aralığında olması gerektiğinden ziyade uzayın nerede başladığı, yerçekiminin nerede bittiği ve atmosfer tabakasının son sınırının neresi olduğu gibi sorulara cevap aramaktadırlar [3, 40]. Tüm bu sebepler ile sivil havacılığın gelişmesi ve ülkelerin ortak bir noktada buluşması için gerçekleştirilen ve hayata geçirilen Şikago Sözleşmesi'nde devletlerin dikeyde egemenliklerine ilişkin uzay sınırlarına, uydu yörüngelerine, atmosfer tabakasının son sınırına, yerçekiminin bittiği noktaya ilişkin hükümleri içerecek ve bu anlamda tüm ülkelerce kabul göreceği aynı zamanda tüm karmaşayı çözecek evrensel bir sözleşmenin hayata geçirilmesi gerektiği belirtilmektedir [3].

2.1.6. Açık Denizler ve Kıta Sahaneliği

Dünyanın %70'nin denizler ile kaplı olduğu düşünüldüğünde bugün havacılık faaliyetlerinin önemli bir kısmının bu alan üzerindeki hava sahasında gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu geniş deniz alanını kaplayan hava sahası, farklı bölgelerin veya alanların yasal düzenlemelerini yansıtmaktadır. Bu anlamda Şikago Konvansiyonu'nun içermediği ve farklı bölgelerin ve alanların denizler üzerindeki hava sahası hususundaki yasal düzenlemelerinin anlaşılabilirliği için deniz hukuku kaynaklarının iyi irdelenmesi gerektiği anlaşılmaktadır [52].

Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS – United Nations Convention on the Law of the Sea), deniz hukuku hususunda temel kaynak olarak görülmektedir [52]. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'nin 87. maddesinden; "Açık denizler, sahili bulunsun veya bulunmasın bütün devletlere açıktır" ve yine aynı

maddenin b bendinden; “Açık deniz üzerinden uçuş serbestisi” gibi hakların sahili bulunsun bulunmasını tüm devletlere tanındığı anlaşılmaktadır [53]. Açık denizlerdeki bu özgürlük seyrüsefer hizmetleri (navigation) ve uçuş serbestisi (overflight) haklarını içermektedir. Fakat açık denizlerin hiçbir devletin egemenliği altında olmaması bu alanlardaki hava sahasının kuralsız, hükümsüz bırakılacağı anlamına gelmemektedir [52]. 17 Aralık 1944 tarihli Şikago Konvansiyonu’nun 12. maddesinde; “taraf devletlerin her biri uyulması gereken kurallara uymayanları cezalandırmayı ya da havacılık faaliyetlerinde uyulması gereken kuralların dışına çıkanları cezalandırmayı taahhüt eder”[55]. Bu hüküm kapsamında Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) 2 numaralı ekinde (Annex 2) açık denizler üstünde bulunan hava sahasında açık deniz rejiminin geçerli olduğunu kabul etmektedir [54].

Bir diğer husus ise kıta sahanlığı hususu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kıta sahanlığı 1958 tarihli Cenevre Sözleşmesi’nin ilk maddesinde; “Kıyıya bitişik, fakat Karasuları sahasının dışında 200 metre derinliğe kadar olan su altı alanlarının deniz yatağını ve toprak altını veya o derinliğin ötesinde, üstteki suların derinliğinin zikredilen alanların doğal kaynaklarını işletmeye imkan tanıdığı yere kadar uzanan yerleri, ve adaların kıyılarına bitişik olan benzeri su altı alanlarının deniz yatağı ve toprak altını ifade etmek üzere kullanılmıştır” şeklinde tanımlanmaktadır [61]. Kıyı devletlerine kıta sahanlığı üzerinde tanınan hakların kullanımı, kıta sahanlığı üstünde bulunan su alanının ve onun üzerinde yer alan hava sahasının rejimini hiçbir şekilde değiştirmeyeceği [62], Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi’nin 78. maddesinde; “Sahildar devletin kıta sahanlığı üzerindeki hakları bu alanın üstündeki suların veya bu sular üzerindeki hava sahasının hukuki rejimine hâlel getirmez” şeklinde açıklanmaktadır. Buradan hareketle anlaşılmaktadır ki kıta sahanlığı hakkı, sahildar devlete bu alanlarda doğal kaynaklardan yararlanmayı, bu kaynakları işletmeyi ya da araştırma yapmayı içermekte olup tamamen egemen olma hakkı vermemekte [57] ve alanlardaki hava sahası hakkının içerik anlamında açık denizlerde uygulanan hava sahası hakkından farkı bulunmamaktadır [52].

2.1.7. Bitişik Bölge

Bitişik bölge ülkelerin karasularının ölçülmeye başlandığı esas hatlardan itibaren 24 deniz milinin ötesine geçmeyecek şekilde belirlenmiş olup bu durum Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi’nin 33. maddesinde; “Bitişik bölge olarak adlandırılan, karasularına bitişik olan bir bölgede sahildar devlet aşağıdaki amaçlarla gerekli kontrolleri yapabilir:

- Ülkesi üzerinde veya karasularında gümrük, maliye, sağlık veya muhaceret ile ilgili kanun ve kurallarına riayetsizlikleri önlemek,
- Bu kanun ve kurallara karşı ülkesi üzerinde veya karasularına meydana gelebilecek riayetsizlikleri cezalandırmak” şeklinde belirtilen husus ile ilgili devletlere belli alanlarda meydana gelebilecek olumsuz durumları önlemek amacıyla haklar tanınmaktadır [53].

Burada tanınan hak aslında Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi’ne taraf devletlere, bu bölge içerisinde üzerinde uçan herhangi bir sivil hava aracına karşı kural dışı bir eylemde bulunmak ya da bu hava araçlarını ele geçirmek, bunları durdurmak, herhangi bir havalimanına indirmek anlamına da gelmemektedir. Buradaki durumun daha çok bir fikir anlamı taşımakta olduğu, teorik ve pratik bir anlam içermediği belirtilmektedir. Bu anlamda bu bölgelerde gerçekleşen sivil havacılık faaliyetlerine ilişkin herhangi bir olumsuz durumun henüz günümüze kadar yaşanmadığı ifade edilmektedir [52].

2.1.8. Kutuplar

Kutuplar üzerinde bulunan hava sahası da devletlerin kara ülkesi üzerinde bulunan hava sahasında uygulanan rejimin dışında tutulmaktadır [47].

Kuzey kutbunun katı buzlar ve yüzen buz dağları ile kaplı genişçe alanı Kuzey Buz Denizi’ni oluşturmakta ve bu alanın üzerindeki hava sahasının rejimi tıpkı açık denizlerdeki rejimde olduğu gibi tüm ülkelerin kullanımına açık bulunmaktadır. Bugün Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa arasındaki uçuş süresini ve mesafesini oldukça kısaltan kuzey kutup bölgesindeki rotalar, uluslararası havayolu

şirketleri tarafından resmi anlamda Şubat 2001'den itibaren tarifeli uçuşlar için kullanılmaya başlanmıştır [52].

Antarktika bölgesindeki durum ise yasal olarak belirsiz bir durumda bulunmaktaydı. Fakat 1 Aralık 1959 tarihinde Washington, D.C.'de imzalanan ve 23 Haziran 1961 yürürlüğe giren ve günümüzde Antarktik Anlaşma Sistemi olarak adlandırılan (Antarctic Treaty System - ATS) Antarktik Anlaşması'nın 4. maddesinde; *"Bu anlaşma yürürlükte olduğu sürece bu bölgeye ilişkin hiçbir yeni egemenlik iddiası kabul edilmeyeceği gibi bu hususlarda anlaşmazlıklar da taraf ülkelerce tanınmayacaktır"* şeklinde ifade edilen madde gereğince, bu bölgede sadece barışçıl amaçlı faaliyetlerde ve serbestçe bilimsel araştırmalarda bulunulacağını ifade edildiği görülmektedir [56].

Bugün bu anlaşma doğrultusunda dünyanın 5. büyük bölgesi olan Antarktika'nın, uluslararası anlamda hiçbir devletin egemenlik hakkına sahip olmadığı, askeri faaliyetlerin ve maden aktivitelerinin yapılmadığı, hava sahasının tüm sivil uçuşlara açık olduğu bir alanı oluşturduğu görülmektedir [57].

2.1.9. Hava Ülkesi, Hava Gemisi, Hava Taşıyıcısı

Hava ülkesi, devletlerin kara ülkesi ve karasularının üstünde bulunan tüm hava sahasını kapsayan alan olduğu kabul edilmektedir [19]. Bu durum 7 Aralık 1944 tarihinde imzalanan Şikago Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi'nin 2. maddesinde; *"Bir devletin ülkesi, bu devletin egemenliği, hükümlerliği, himayesi veya mandası altında bulunan kara bölgeleri ile bunlara bitişik karasularıdır"* şeklinde ifade edilmektedir [46]. Bir devletin ülkesinin (kara, hava, deniz) sınırlarının tanımlandığı bu maddeye göre devletin ülkesinin, iç sular, varsa takımada suları ve karasuları ile bu kara ve deniz alanlarının üzerinde bulunan hava ülkesinden oluştuğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle bir devletin kara ülkesi ve karasuları ile belirlenmiş alan üzerindeki hava sahası ilgili ülkenin hava ülkesini oluşturmaktadır [12, 19].

Hava hukukuna ilişkin tüm ilişkilerin ortaya çıkmasının asıl sebebi olarak görülen hava gemisi, aynı zamanda hava hukuku kaidelerinin hareket

noktasını oluşturan unsur olarak da tarif edilmektedir. Hava gemisi hava hukukunun kaidelerine tabi olan ve havada hareket edebilme yetisine sahip olan her türlü vasıta ve cihaz için kullanılan genel bir kavram olarak karşımıza çıkarken [28, 63], Türk Sivil Havacılık Kanunu'nun 3. maddesinin (b) bendinde; *"hava aracı: havalanabilen ve havada seyredebilme kabiliyetine sahip her türlü aracı"* tarif eder şeklinde tanımlanmıştır Burada dikkat çeken hususun hava gemisi yerine hava aracı kavramının kullanılmış olması olduğunu görmekteyiz [64]. Bu tanımlama gereği planörler, helikopterler ve balonlar da "hava aracı" kavramının kapsamı içerisinde yer almaktadır.

Hava taşıyıcısı ise Türk Sivil Havacılık Kanunu'nun ticari hava işletmelerine ilişkin izin ve ruhsatı düzenleyen hükümlerinde mevcut bulunmaktadır. Bu durum TSHK'nun 18. maddesinde; *"Gerçek ve tüzelkişilerin ticari amaçla, ücret karşılığında hava araçlarıyla yolcu veya yük veya yolcu ve yük taşımaları ile ticari amaçla diğer faaliyetlerde bulunmaları için Ulaştırma Bakanlığından izin almaları ön şarttır"* ve 19. maddesinde; *"Hava araçlarıyla ticari amaçla, belirli hatlar üzerinde, ücret karşılığında yolcu veya yük veya yolcu ve yük taşımaya yapacak olan gerçek veya tüzelkişilerin 18 inci maddede belirtilen izinden başka, Ulaştırma Bakanlığında işletme ruhsatı almaları şarttır"* şeklinde açıklanmaktadır [64]. Tüm bu tanımlamalardan hareketle anlaşılmaktadır ki hava taşıyıcısı, ücret karşılığında ve ticari amaçla sadece izne tabi belli rotalar üzerinde yük ve yolcu taşımaya izin verilmiş ve akdi, fiili veya mütevali taşıyıcı olarak tanımlanan tüzel ya da gerçek kişidir [65].

2.1.10. Frekans, Kapasite ve Slot (Frequency, Capacity and Slot)

Frekans, bir hava aracının özel bir zaman aralığında ve belli bir rotada gerçekleştirebileceği uçuş sayısını ifade ederken, kapasitenin ise bir hava aracının yine özel bir zaman diliminde uçuş sıklığı da göz önüne alınarak sahip olabileceği ticari koltuk sayısını ifade etmekte olduğu belirtilmektedir [29, 58]. Havaalanı operatörleri tarafından belirlenmiş bir zaman aralığı içerisinde hizmet verilebilecek uçak sayısının, teknik altyapı ve pist kapasitesi

etkenleri de esas alınarak belirlenmesi durumu ise havaalanı kapasitesi olarak tanımlanmaktadır [59].

Hava trafiğinin yoğun olduğu havaalanlarında, mevcut kapasitenin en etkin ve verimli şekilde kullanılabilmesi adına slot uygulaması karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda slot, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün (SHT-SLOT) Slot Uygulama Prensipleri Talimatı'nda; *“Koordine edilen ve tarifelerin yeniden düzene sokulduğu havalimanı/mezdanlarının önceden belirlenmiş zaman dilimlerindeki uçuş taleplerinin, Slot koordinatörü tarafından, talep edilen veya bu talebe müsait olan en yakın iniş/kalkış seferi için, havalimanı/mezdan imkanlarının kullanım hakkıdır”* şeklinde tanımlanmaktadır [60]. Başka bir tanımlamayla slot, hava trafiğinin düzenli bir şekilde akışının sağlanabilmesi adına uçakların kalkış zamanlarının veya rotalarındaki değişikliklerin belirlenmesi olarak ifade edilmektedir [59]. Buradan hareketle, havaalanlarındaki trafiğin gün içerisinde ve haftanın günlerinde mümkün oldukça dengeli bir biçimde yayılımı ile meydan kapasitelerinin en verimli şekilde kullanımı bahsi geçen slot koordinasyonu ile sağlanmaktadır. Bu doğrultuda tahsis edilen slotlar, uçaklara planlanan iniş-kalkış saatini belirten zaman diliminde ilgili havaalanının imkanlarını kullanma hakkı tanımaktadır [29].

3. Tartışma ve Sonuç

Dünyada sivil havacılık sektöründe meydana gelen büyük gelişim, uluslararası sivil havacılık sisteminin hukuksal anlamda ortak bir zemin olmadan yürütülemeyeceğini açıkça göstermektedir. Çünkü sivil havacılık sektörü, sadece bir devletin faaliyet alanı olmamakla birlikte tüm devletleri bu anlamda birbirine bağımlı hale getiren ve ortaya çıkabilecek olumsuz durumlara karşı ortak uluslararası bir eylem planının gerekliliğini zorunlu kılan bir alandır. Her ne kadar ortak uluslararası bir eylem planının varlığı zorunlu olsa da hava sahasının tamamen serbest olup olmadığı ve sınırlarının nereye kadar uzandığı gibi tartışmalı hususlar hala tam anlamıyla uzlaşmaya varılmış konular değildir.

Hava hukukunun kapsamı içerisinde irdelenen hava sahasının hukuki durumu uluslararası havacılık hukuku konularında temel bir tartışma

başlığını oluşturmaktadır. Öyle ki hava sahası üzerine ortaya konulan teoriler, hava hukukunun ilk ortaya çıkış evrelerinde, devletlere yön veren ve günümüzde halen devam eden siyasi duruşlarına temel teşkil eden unsurdur. 21 Kasım 1783 tarihinde Fransa'da gerçekleştirilen ilk insanlı balon uçuşu, özel izin almaksızın tüm uçuşların yasaklanmasını beraberinde getirirken balonlu uçuşlar ile komşu ülkelerin sınırlarının dahi geçiliyor olması bununla birlikte ilerleyen zamanlarda balonların savaş sırasında gözlem ve haberleşme amaçları için kullanılması devletlerin hava sahalarında egemen olduklarını ortaya koyabilmek adına adım atmalarına zemin hazırlamıştır.

Hava sahasının tüm dünya milletlerinin malı olduğunu ileri süren ve bu anlamda hava sahasının serbestini savunan görüşlerin aksine hava sahasında ilgili devletlerin mutlak egemen olduğunu dile getiren görüşler de ortaya çıkmıştır. Bugün, Paris Uluslararası Havacılık Sözleşmesi'nin temel prensibi olarak gösterilen ve sözleşmenin 1. maddesinde belirtilen; *“devletlerin hava ülkeleri (kara ülkesi ve karasuları üzeri) üzerinde tam ve münhasır egemenlikleri bulunmaktadır”* hükmü bu anlamda genel kabul gören yaklaşım olarak tüm devletlerce benimsenmiştir. Ancak devletlerin egemenlik hususunda uluslararası sözleşmeler ile ortaya koydukları korumacı tavır, sivil havacılığın günümüzde ortaya koyduğu başarılı faaliyetler ve sivil havacılığın ekonomik büyüklüğü karşısında yine uluslararası sözleşmeler ile istisnalar kazanmıştır.

Günümüzde uzayın sınırlarının halen belirlenemez olması nedeniyle hava sahasına ilişkin tartışmaların da hiçbir zaman bitmeyeceği görülmektedir. Ancak yaşanan teknolojik gelişmelerin havacılık faaliyetlerinde kullanılmaya başlandığı günümüzde, hava araçlarının olağanüstü yüksekliklere ulaşması hatta uzay boşluğuna varması gibi durumlar düşünüldüğünde hava ve uzay hukukunun gelecekte bir bütün olarak irdelenmesi gerektiği ortaya çıkmakta ve ilgili hukuk dalları hususunda temel değişikliklerin yaşanması beklenmektedir.

Hava hukukunun kapsamındaki hava sahasının hukuki durumu hususunda ortaya konulan serbestlik ve egemenlik teorileri üzerine tam bir görüş birliği

olmasa da bu durum uluslararası havacılık anlaşmaları ile kısmen de olsa çözülmüş görülmektedir. Ancak atmosferin dikey sınırı hala hava hukukunun en büyük ve çözüme kavuşmamış problemleri arasında yerini korumaktadır. Diğer yandan gelişen havacılık teknolojisi ile birlikte insansız hava araçlarının sivil kişiler tarafından kullanılabilir olması, bu gibi hava araçları ile devletlerin sınırlarının geçilebilir olması ve en önemlisi gelecekte bu gibi hava araçları ile insan taşımacılığının yapılabilecek olması hava hukukunun kapsamında ve terminolojisinde keskin değişikliklere sebep olabilecek gelişmeler olarak göze çarpmaktadır.

Japonya bugün imkansız görünse bile gelecekte aya ulaşabilmek ve uzay çalışmalarını daha az maliyet ile gerçekleştirebilmek adına “Uzay Asansörü” projesi üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu gibi çalışmaların gerek sivil gerek askeri anlamda hava sahası üzerine ortaya konulan teorilerde, atmosferin dikey sınırının belirlenmesinde, yargı yetkisinin belirlenmesinde ve yine hava hukukunun kapsamında ve terminolojisinde ne gibi değişikliklere sebep olabileceği yakın gelecekte hava hukukunun tartışmalı konuları arasında yerine alacak gibi görünmektedir.

Hava hukukunun kapsamı terminolojisi içerisindeki kimi başlıkların irdelenmesinin amaçlandığı çalışmada, ilgili başlıklara açıklık getirilmeye çalışılırken, günümüzde uzay turizminin dahi hava ve uzay hukukunun konusu haline gelmesi gelecekte yaşanacak bu gibi gelişmelerin gerek havacılık ve uzay güvenliği gerek hava ve uzay taşımacılığı gerekse hava ve uzay hukukunun sınırlılıkları ve kapsamı hususlarında gelecekte yapılabilecek çalışmalar için yeni ve önemli konuları oluşturmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Anderson, D., Grahan, I. ve Williams, B. (2011). “Flight and Motion, The History and Science of Flying”. Dr. Richard P. Hallion. (Haz./Ed.). New York: Myron E. Sharpe Inc.
- [2] Dempsey, P. S. (2008). Public International Air Law. Montreal: McGill University.

- [3] Kılınc, S. U. (2011). Avrupa Birliği-Eurocontrol Sivil Havacılık Düzenlemeleri ve Türkiye. İstanbul: On İki Levha Yayıncılık A.Ş.
- [4] [Wittmer, A. ve Bieger, T. (2011). “Fundamentals and Structure of Aviaiton Systems”. Andreas Wittmer, Thomas Bieger, Roland Müller (Haz./Ed.). Aviation Systems, Management of Integrated Aviation Value Chain (s. 5-38). Berlin: Springer-Verlag.
- [5] Hazeltine, H. D. (1911). The Law of The Air. London: University of London Press, LTD.
- [6] Diederiks-Verschoor, I. H. Pb. (2006). An Introduction to Air Law. Netherlands: Kluwer Law International B.V.
- [7] Göknül, M. N. (1947). Hava Hukuku Notları. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 339. Hukuk Fakültesi Yayın No: 74. İstanbul: İbrahim Horoz Basımevi.
- [8] Göknül, M. N. (1951). Hava Hukuku. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 484. Hukuk Fakültesi Yayın No: 107. İstanbul: Fakülteler Matbaası.
- [9] Larsen, P. B., Sweeney, J. C. Ve Gillick, J. E. (2012). Aviation Law: Cases, Laws and Related Sources. Leiden: Koninklijke Brill NV, Martinus Nijhoff Publishers and Hotei Publishing.
- [10] Nijeholt, J. F. L. a. (1910). Air Sovereignty [Elektronik Sürüm]. New York: Springer-Science, Business Media, B.Y.
- [11] Sand, P. H., Freitas, J. de S. ve Pratt, G. N. (1960). “An Historical Survey of International Air Law Before the Second World War”. McGill Law Journal, Vol: 7, No: 1: 24-42. <http://lawjournal.mcgill.ca/userfiles/other/6355045-sand.pdf> [Erişim Tarihi: 16-Mart-2018].
- [12] Sorgucu, A. (2012). Hava ve Uzay Hukuku (Air and Space Law). Ankara: Adalet Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

- [13] Spaight, J. M. (1919). Aircraft in Peace and The Law. London: Macmillan and Co., Limited.
<https://archive.org/stream/aircraftinpeace100spai#page/n5/mode/2up> [Erişim Tarihi: 15-Mart-2018].
- [14] Şahiner, O. (2006). Hava ve Uzay Hukukunun Gelişimi Açısından Türkiye'nin Yeri. Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- [15] Tremblay, M. (2003). The Legal Status of Military Aircraft in International Law. Institute of Air and Space Law, McGill University, Montreal.
<http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/thesescanada/vol2/QMM/TC-QMM-81237.pdf> [Erişim Tarihi: 15-Mart-2018].
- [16] Kışlalı, A. T. (2004). "Siyaset Bilimi". Nüvit Gerek (Ed.). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset.
- [17] Siyahhan, M. (2009). "Turizm ve Otel İşletmeciliği Öğrencileri İçin Hukuka Giriş, İşletme Hukuku ve Turizm Hukuku Dersleri" Ders Notları.
https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiSy_iFs8XLAhVifHIKHUrOC9EQFgg_aMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.satm.bilkent.edu.tr%2F~siyahhan%2Flecture%2520notes%2520february%25202009.doc&usq=AFQjCNHcOua3tnJDo42Tmm84FXdHMG_HgA&sig2=nBPlqIDXqYYVeCXMi3hkTA&bvm=bv.116954456.d.bGQ&cad=rja [Erişim Tarihi: 01-Mart-2018].
- [18] Ünsal, A. (1980). Siyaset ve Anayasa Mahkemesi (Siyasal sistem Teorisi Açısından Türk Anayasa Mahkemesi). Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Basın ve Yayın Yüksek Okulu Basımevi.
- [19] Pazarcı, H. (1989). Uluslararası Hukuk Dersleri. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi ve Basın-Yayın Yüksekokulu Basımevi.
- [20] Önen, M. (2005). Hukuka Giriş. İstanbul: Arıkan Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.
- [21] Özyörük, M. (1959). Hukuka Giriş. Ankara: Ege Matbaası.
- [22] UNIC. (2002). Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşması. Ankara: UNIC (Birleşmiş Milletler Enformasyon Merkezi).
http://www.uhdigm.adalet.gov.tr/sozlesmeler/coktarafilisoz/bm/bm_36.pdf [Erişim Tarihi: 10-Mart-2018].
- [23] Toluner, S. (1996). Milletlerarası Hukuk Dersleri-Devletin Yetkisi. İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım.
- [24] Erdal, S. (2010). "Siyasal Düşünürler ve Modern Egemenlik". Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt: 18, Sayı: 2: 83-158.
- [25] Hinsley, F. H. (1986). Sovereignty. Cambridge: Cambridge University Press.
- [26] Özlük, E. ve Doğan, F. (2010). "Türkiye Avrupa Birliği İlişkilerini Egemenlik Devri Tartışmaları Üzerinden Okumak". Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 1: 125-146.
- [27] ICAO, (2013). Airspace Sovereignty. Worldwide Air Transport Conference (ATCONF). Sixth Meeting. (Rapor No: ATConf/6-WP/80). Montreal: ICAO.
<http://www.icao.int/Meetings/atconf6/Documents/WorkingPapers/ATConf.6.WP.080.1.en.pdf> [Erişim Tarihi: 10-Mart-2018].
- [28] Çağa, T. (1963). Hava Hukuku. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 996. Hukuk Fakültesi Yayın No: 206. İstanbul: Doğan Kardeş Matbaacılık A.Ş.
- [29] Günel, R. V. (2010). "Açık Semalar" Antlaşmaları Sürecinde Uluslararası Havacılık Hukuku (eleştirel yaklaşım). İstanbul: Beta Basım A.Ş.
- [30] Neto, O. De O. B. (2015). "Defining the Limits of Outer Space for Regulatory Purposes". J. N. Pelton Jr. (Ed.). SpringerBriefs in Space Development.

- Switzerland: International Space University (ISU) and Springer International Publishing.
- [31] Ugonna, E. A. (2015). The Scope and Limit of Air Law. Department Of Public And International Law, University Of Ibadan. https://www.academia.edu/13600257/THE_SCOPE_AND_LIMIT_OF_AIR_LAW [Erişim Tarihi: 15-Mart-2018].
- [32] Melgar, B. H. (2015). The Transit of Goods in Public International Law. Leiden: Brill Nijhoff and Hotei Publishing.
- [33] Meray, S. L. (1955). "Açık Denizlerin Serbestliği Prensibinin Gelişmesi". Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 2: 76-100. <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/361/3790.pdf> [Erişim Tarihi: 15-Mart-2018].
- [34] Şerif, R. (1934). Hava Hukuku. İstanbul: Akşam Matbaası.
- [35] Yüzbaşıoğlu, A. (1989). Hava Hukuku Açısından Ege Hava Sahasına İlişkin Sorunlar. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [36] Fong, T. U. "Air Law". The People's University. Beijing. http://www.dsaj.gov.mo/iis/EventForm/ContentFileGen.aspx?Rec_Id=4947 [Erişim Tarihi: 25-Şubat-2018].
- [37] Banner, S. (2008). Who Owns The Sky? The Struggle to Control Airspace From The Wright Brothers On. London: Harvard University Press.
- [38] Unat, İ. (1952). "Günümüz Milletlerarası Sivil Hava Hukukuna Genel Bir Bakış". Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi. Cilt: 7, Sayı: 1: 272-299. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/ausbf/article/view/5000055354/5000052660> [Erişim Tarihi: 10-Mart-2018].
- [39] Bartsch, R. I. C. (2012). International Aviation Law A Practical Guide. [Elektronik Sürüm]. İngiltere: Ashgate Publishing Limited.
- [40] Pazarcı, H. (2004). Uluslararası Hukuk. Ankara: Turhan Kitapevi.
- [41] Erotokritou, C. (2012). "Sovereignty Over Airspace: International Law, Current Challenges, and Future Developments for Global Aviation". Student Pulse, Vol: 4, No: 5: 1-11. <http://www.studentpulse.com/articles/645/sovereignty-over-airspace-international-law-current-challenges-and-future-developments-for-global-aviation> [Erişim Tarihi: 15-Mart-2018].
- [42] Bilge, S. A. (1951). "Şikago Havacılık Anlaşmaları ve Milletlerarası Sivil Havacılık Teşkilatı (O.I.A.C.)". Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi. Cilt: 6, Sayı: 1: 196-214. <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/358/3750.pdf> [Erişim Tarihi: 10-Mart-2018].
- [43] Cooper, C. J. (1952). "International Air Law, Roman Law and The Maxim Cujus Est Solum In International Air Law". McGill Law Journal. Vol: 1: 23-65. <http://www.lawjournal.mcgill.ca/userfiles/other/39679-1.1.Cooper.pdf> [Erişim Tarihi: 10-Mart-2018].
- [44] Havel, B. F. ve Sanchez, G. S. (2014). The Principles and Practice of International Aviation Law. New York: Cambridge University Press.
- [45] Köksal, T. (2011). Uluslararası Sivil Havacılık Hukuku (International Civil Aviation Law). Ankara: Adalet Yayınevi.
- [46] Milde, M., Abeyratne, R., Bunker, D., Faller, E., Thaker, S. J., Haanappel, P. C. P., Jakhu, R., Janda, R. Margo, D. R., Matte, M. N., Schubert, F., Dam, V. R. ve Vlasic, A. I. (2005). "Annals of Air and Space Law". P. S. Dempsey (Ed.). Vol. XXX., Part I. Montreal: The Carswell Company Ltd.
- [47] Wassenbergh, H. A. (1962). Post-War International Civil Aviation Policy and The Law of The Air. [Elektronik Sürüm]. Netherlands: The Hague Martinus Nijhoff.

- [48] ICAO, (1949). Convention on International Civil Aviation Signed at Chicago. Doc. 7300. Montreal: ICAO. http://www.icao.int/publications/Documents/7300_1ed.pdf [Erişim Tarihi: 12-Mart-2018].
- [49] Honig, J. P. (1914). The Legal Status of Aircraft. Netherlands: The Hague Martinus Nijhoff.
- [50] Ünal, M. S. (2009). Sivil Havacılık ve Uluslararası Hukuk. Galatasaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [51] Ulusoy, Ü. H. (2013). “Uluslararası Hukuk Açısından Ege Hava Sahasında Türkiye ve Yunanistan Arasındaki Sorunlar”. Türkiye Barolar Birliği Dergisi, Sayı: 109: 303-334.
- [52] Milde, M. (2012). International Air Law and ICAO. Netherlands: Eleven International Publishing.
- [53] United Nations Convention on the Law of the Sea [UNCLOS]. (1982). General Assembly of the United Nations, No: 31363 (XXI), 16 Kasım 1994. http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf [Erişim Tarihi: 12 Mart 2018].
- [54] [54] ICAO, (2005). Rules of the Air (Annex 2) - Tenth Edition. Convention on International Civil Aviation. Montreal: ICAO. http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/an02_cons%5B1%5D.pdf [Erişim Tarihi: 12 Mart 2018].
- [55] Şikago Sözleşmesi. (1944). “Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşme” (Convention on International Civil Aviation).
- [56] The Antarctic Treaty (ATS). (1959). United Nations – Treaty Series, No: 5778, 23 Haziran 1961. <https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%20402/volume-402-I-5778-English.pdf> [Erişim Tarihi: 12 Mart 2018].
- [57] Grant, P. J. (2010). Law Essentials International Law. Dundee: Dundee University Press.
- [58] Barkowski, J. T. (2010). “Managing Air Traffic Congestion Through the Next Generation Air Transportation System: SatelliteBased Technology, Trajectories, and-Privatization?”. Pepperdine Law Review, Vol: 37, Issue: 1: 247-338.
- [59] Havacılık Terimleri Sözlüğü - Dictionary of Aviation Terms, (2011). Ankara: Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü Yayınları-1. <http://www.dhmi.gov.tr/dosyalar/pdf/DHMi-Havacilik-Terimleri-Sozlugu.pdf> [Erişim Tarihi: 16 Mart 2018].
- [60] Slot Uygulama Prensipleri Talimatı (Rev-2), (SHT-SLOT). Ulaştırma Bakanlığı, Ankara: SHGM.. <http://web.shgm.gov.tr/doc3/slotrev2.pdf> [Erişim Tarihi: 15 Mart 2018].
- [61] Convention on the Continental Shelf. (1958). *United Nations Conference on the Law of the Sea*. Chapter XXI. Law of the Sea, Geneva, 29 Nisan 1958. https://treaties.un.org/doc/Treaties/1964/06/19640610%2002-10%20AM/Ch_XXI_01_2_3_4_5p.pdf [Erişim Tarihi: 13 Mart 2018].
- [62] Özkan, A. (2015). “Kıta Sahaneliğinin Sınırlandırılmasında Uluslararası Uygulamalar: Sözleşmeler, İçtihat ve Doktrin”. The Journal of Academic Social Science Studies, Sayı: 31: 367-386.
- [63] Kaner, İ. (2004). Hava Hukuku (Hususi Kısım). İstanbul: Filiz Kitabevi.
- [64] Türk Sivil Havacılık Kanunu, [TSHK]. (1983). T.C. Resmi Gazete, 18196, 19 Kasım 1983.
- [65] Uzun, T. B. (2015). Uluslararası Hava Taşımalarında Taşıyıcının Sorumluluğu. Ankara: Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.



Geliş/Received : 06.07.2018 & Kabul/Accepted : 16.08.2018 & Yayınlanma/Published (online) : 30.08.2018

Türkiye’de Havayolu Rekabeti Üzerine Yazılmış Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi

Hüseyin Önder ALDEMİR ^{1*}, Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR ²

¹ Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi, Eskişehir, Türkiye

Özet

Bu çalışmada; Türkiye’deki havayollarının rekabeti üzerine yazılan lisansüstü tezler incelenerek Türk bilim insanlarının havayollarının rekabetini hangi açılardan ortaya koydukları, araştırma yöntemleri, ana rekabet temaları ve ortaya koydukları sonuçlar araştırılmıştır. Araştırma, Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) elektronik bilgi bankasında bulunan lisansüstü tezler ayrıntılı incelenerek gerçekleştirilmiştir. 2018 yılına kadar hazırlanan tezler üzerinde yapılan çalışmada, 3 doktora ve 17 yüksek lisans tezinin havayolu taşımacılığında rekabeti unsurlarını içeren nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan bu 20 tezden 1 tane yüksek lisans tezi İngiltere’de Coventry University’de hazırlanmıştır. Bu tezlerden 1 tanesi Almanca, 5 tanesi İngilizce ve geri kalan 14 tanesi de Türkçedir. Tezlerin her biri bütünsel veya kısmi olarak havayolu işletmeciliğinde rekabeti konu edinmiş veya rekabet ile ilgili unsurları içermektedirler. Tezler, konu, kapsam, yöntem ve sonuçları açısından doküman analizine tabi tutulmuştur. Hazırlanan tezlerin Türkiye’deki mevcut yolcu taşıyan özel havayollarının tamamını ele almamış olmaları (evreni kapsamamaları), görüşülen kişilerin azlığı ve belirli iş modellerine odaklanmış olmaları sebebiyle, Türk havacılık endüstri yapısını belirleyebilme ve rekabet stratejilerini ortaya koyabilme yönüyle eksik kaldıkları değerlendirilmektedir. Bununla beraber, yazıldıkları dönemlerde var olan havayolu rekabetinin belirli yönlerine ışık tutmaları açısından alanyazını zenginleştirmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Lisansüstü tezler, Havayolları, Havayolu rekabeti, Hava taşımacılığı

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dr.Hüseyin Önder ALDEMİR, hoaldemir3572@gmail.com

Alıntı/Citation : Aldemir H.Ö., Şengür F. (2018). Türkiye’de Havayolu Rekabeti Üzerine Yazılmış Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi. Journal of Aviation, 2 (2), 141-155. DOI: 10.30518/jav.441314

Analyzing Postgraduate Theses Written on Airline Competition in Turkey

Abstract

In this study, the theses written on airlines' competition were investigated to illustrate that Turkish academics handle the competition of airlines according to main competition themes and aspects. It was also put forward the research methodology, and results of these theses. The research was carried out by thoroughly examining the postgraduate theses, which exist in the electronic database of Turkish Council of Higher Education. In this research on the theses prepared until 2018, it has been determined that 3 PhD and 17 master theses have the qualities including the elements of competition in airline transportation. One of these 20 theses was written at Coventry University in England. One of these theses is in German, 5 in English and the remaining 14 are Turkish. Each of the theses includes elements related to competition, either wholly or partly, in the airline business. Theses have been subjected to document analysis in terms of subject, scope, method and results. Since the theses of the private airlines carrying passengers in Turkey didn't handle all airlines/didn't cover the universe, since they focused on specific business model, and since the interviewed people were not enough to conclude; these are evaluated as not satisfied enough to be able to determine the Turkish aviation industry structure and to demonstrate competitive strategies truly. However, they have enriched the literature in terms of shedding light on certain aspects of the airline competition that existed during the period in which they were written.

Keywords: Postgraduate theses, Airlines, Airline competition, Air transport

1. Giriş

Dünyada 20. yüzyılın başlarından itibaren gelişen havacılık endüstrisi ticari uçuşların da başlamasıyla ivme kazanmıştır. 1970'lerde ABD'de iç hatlarda başlayan serbestleşmenin etkisiyle yayılan liberalleşme birçok ülkeyi etkilemiş ve dünyada sivil havacılık için yeni bir dönem başlamıştır. Türkiye, 1983 yılında 2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile sivil havacılıkta yeni döneme girmiş ve 2003 yılındaki liberalleşme hamlesi ile bu sürece ayak uydurma çabaları hızlanmıştır. Bu kırılma noktalarından sonra, Türkiye'deki sivil havacılık bir dönüşüm geçirmiştir. Türkiye'deki üniversiteler ise sivil havacılıktaki bu gelişmelere bilimsel bir bakış açısı getirerek araştırmalarını yoğunlaştırmışlardır. 2000'li yıllardan itibaren üniversitelerdeki sivil havacılık alanındaki lisansüstü çalışmalarda ve araştırmalarda büyük artış olmuştur [1].

2. Amaç ve Kapsam

Lisansüstü eğitim, üniversitelerin üst düzey özelliklerini kazandıran önemli bir işlevidir. Türkiye'de 2547 sayılı Yükseköğretim Yasasına göre, yüksek lisans eğitimi yüksek lisans, doktora, tıpta uzmanlık ve sanatta yeterlik konularını kapsamaktadır. Lisansüstü eğitimin temel amaçları, bilim/sanati üretmek yaymak, sosyal sorunları doğru bir şekilde algılamak ve bu sorunlara çözüm üretebilmek ve üst düzey insan gücü yetiştirmeye

katkıda bulunmaktır [2]. 2018 yılı itibariyle, Türkiye'de 129 devlet, 72 vakıf üniversitesi ile beraber 5 vakıf meslek yüksekokulu olmak üzere toplamda 206 yükseköğretim kurumu faaliyet göstermektedir [3]. Üniversitelerde araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde lisansüstü tezlerinin katkıları önemlidir. Türkiye'de hava taşımacılığı yönetiminde üniversiteler dışında bilim üretecek bilimsel vakıf veya kuruluş bulunmamaktadır. Bilimsel projeler, tezler ve makaleler hava taşımacılığının gelişimine katkı sağlayan temel çalışmalardır.

Aldemir ve Şengür (2017) tarafından Yüksek Öğretim Kurulu elektronik bilgi bankasında bulunan hava taşımacılığı ve havayolları üzerine yazılmış lisansüstü tezler 1972 ile 2016 yılları arasındaki 44 yıllık periyodu kapsayacak şekilde incelenerek bir bibliyometrik araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, havayolları üzerine hazırlanmış 58'i doktora ve 271'i yüksek lisans tezi olmak üzere 329 adet lisansüstü teze ulaşılmıştır. Sadece üniversitelerin havacılık ile ilgili bölümleri değil, diğer bölümler tarafından da havayolları havaalanları veya havacılık konuları cazip bulunup tezlere konu olmuşlardır [1].

Bu çalışmada ise, Türkiye'de havayollarının rekabeti üzerine yazılmış olan lisansüstü tezlerin derinlemesine analiz edilmesi amaçlanmıştır. Tezler

üzerinde yapılan çalışmada, 3 doktora ve 17 yüksek lisans tezi havayolu taşımacılığında rekabet stratejilerini veya rekabet unsurlarını içeren nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla Yüksek Öğretim Kurulu elektronik bilgi bankasında bulunan havayolları üzerine yazılmış lisansüstü tezler içerisinden havayolu rekabetini içeren tüm tezler çıkarılmış ve incelenmiştir. Tezlerin bir kısmına ulaşmak mümkün olmamış, bu yüzden de veri tabanında bulunan özetteki bilgilerden yararlanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı aşağıdaki sorulara cevaplar aramaktır:

1. 2018 yılına kadar Türkiye'deki havayolu rekabeti ile ilgili olarak kaç tane lisansüstü tez yazılmıştır? Bu tezlerin üniversitelere, bölümlere, yazıldığı tarihe ve hangi dilde yazıldığına dair sınıflandırma nedir?

2. Havayollarında rekabet üzerine yazılan bu tezlerin konu, kapsam ve yöntemleri nelerdir?

3. Tezler, havayolları arasındaki rekabetin hangi yönünü incelemiştir?

3. Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada veri kaynağı olarak belirlenmiş anahtar kelimeler kullanılarak Yüksek Öğretim Kurulu elektronik tez arşivinde bulunan havayolu rekabeti ile ilgili lisansüstü tezlere ulaşılmış ve elde edilen dokümanlar araştırmacılarca belirlenen değişkenler doğrultusunda analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

1. Adım: YÖK elektronik tez arşivi anahtar kelimeler ile taranmış, gerekli ayıklamalar yapıldıktan sonra havayollarının rekabeti ile ilgili lisansüstü tezler listelenmiştir.

2. Adım: Çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen değerlendirme tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloda lisansüstü tezler farklı değişkenler açısından incelenmiştir. Yüksek lisans ve doktora tezleri, yazıldıkları yıllara, üniversitelere, enstitülere ve yazıldığı dile göre detaylandırılmıştır.

3. Adım: YÖK veri tabanında ulaşımına izin verilen tezler indirilmiş ve içerikleri incelenmiştir. Konu, yöntem ve ulaştıkları sonuçlar sunulmuştur. YÖK veri tabanında ulaşımı mümkün olmayan tezlerin ise var olan özetlerinden yararlanılarak inceleme gerçekleştirilmiştir.

4. Adım: Bulgular sonuç, tartışma ve öneriler şeklinde tanımlanmış ve yorumlanmıştır.

Araştırmanın ilk aşamasında, Yüksek Öğretim Kurulu'nun elektronik tez arşivinde bulunan lisansüstü tezler [4] belirli anahtar ifadeler kullanılarak taranmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler; *havayolu*, *hava yolu*, *havayolları*, *hava yolları*, *rekabet*, *strateji* ve *rekabet stratejileridir*. Bu anahtar kelimelerle yapılan tarama sonucunda ortaya çıkan tüm tezler ayrıntılı olarak incelenmiştir. En son olarak, havayollarının rekabet stratejilerini ve havayollarının rekabetini herhangi bir şekilde başlık olarak konu edinen tezler dışındakiler ayıklanarak havayolu rekabeti üzerine yazılmış tüm tezler bu araştırma kapsamında analiz edilmiştir. Araştırmada kullanılan doküman analizi yöntemi, araştırılması amaçlanan olgu ya da olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin incelenmesidir [5]. Doküman analizi yöntemi, araştırmanın amacına yönelik kaynaklara ulaşmada ve elde edilecek verilerin tespit edilmesinde kullanılır [6]. Var olan kayıt ve belgelerin incelenerek veri toplanması ise, belgesel tarama yöntemi şeklinde ifade edilmiştir [7]. Bailey (1982), birçok yazılı ve görsel belge ve dokümanı sıralamayı müteakiben, periyodik yazılı kaynakların, magazin, dergi ve kitapların da doküman analizine konu olabileceğini ifade etmiştir [8]. Rummel (1968) [9], Bailey (1982) [8], Karasar (2005) [7] ile Yıldırım ve Şimşek (2011) [5]; var olan kayıt ve belgelerin veri kaynağı olarak kullanılmasının doküman incelemesi metodu olduğunda aynı fikirdedirler. Bu anlayıştan yola çıkarak havayollarının rekabeti hakkında yazılmış olan tezler de doküman incelemesine tabi tutularak analiz gerçekleştirilmiştir. Bailey (1982), doküman incelemesinin olumlu ve olumsuz yanlarını da ortaya koymuştur. Doküman incelemesinin olumlu tarafları için yedi boyuttan söz edilmiştir:

- Kolay ulaşılamayacak özneler,
- Tepkiselliğin olmaması,

- Uzun süreli (zamana yayılmış) analiz,
- Örneklem büyüklüğü,
- Bireysellik ve özgünlük,
- (Görelî) düşük maliyet,
- Niteliklidir.

Bailey (1982), doküman incelemesinin olumlu yanlarının yanı sıra bir dizi dezavantajından da söz etmiştir. Bunlar ise;

- Olası yanlışlık,
- Seçilmişlik,
- Eksiklik,
- Ulaşılabilirlik,
- Örneklem yanlışlığı,
- Sınırlı sözel olmayan davranış,
- Standart bir formatın olmaması,
- Kodlama zorluğudur.

Bailey (1982), doküman incelemesi için beş aşama öngörmüştür. Bunlar:

- Dokümanlara ulaşma,
- Orijinalliğin kontrol edilmesi,
- Dokümanların anlaşılması,
- Verinin analiz edilmesi,
- Verinin kullanılmasıdır.

Araştırma esnasında doküman incelemesi için ifade edilen olumlu ve olumsuz boyutların bir kısmı ile karşılaşılmıştır. Takip edilen adımlar esnasında olabildiğince sistemli bir yol izlenmiştir.

4. Bulgular

Yapılan çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, Türkiye'deki alanyazında havayolları rekabet stratejilerini veya havayollarında rekabetin herhangi bir unsurunu konu edinen 20 tezin 3 tanesi doktora, 17 tanesi ise yüksek lisans tezidir. Saldıraner (2016), Ekicikol (2016), Karabulak (2016), Mirzai (2014), Otamış (2013), Peksatıcı (2010), Taşgit (2008) ve Dikyol (2007)'un hazırlamış olduğu tezler başlık bakımından rekabet stratejileri ile ilgili tezlerdir. Diğer tezler ise; havayollarında rekabet stratejilerine etki eden bir unsurunu, regülasyon ve deregülasyon döneminin rekabet stratejilerine etkisini, düşük maliyetli havayollarının uzun mesafedeki rekabet olasılıklarını, pazar payını veya rekabet avantajı sağlamak için gerekli unsurları, kriz döneminde rekabet ortamını, hizmet kalitesinin rekabet stratejilerine etkisini incelemek suretiyle alanyazına

katkıda bulunmuşlardır. Yazılmış olan tezler ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Boğaziçi ve Marmara Üniversitelerinde yazılmış olan Yaba (2015) ve Hopalı(2016)'nın tezleri Fen Bilimlerinde yazılmış olup, geri kalan 18 tez Sosyal Bilimler alanındaki çalışmalara konu olmuştur. İngiltere'de Coventry University'deki yüksek lisans tezi dışındaki 19 tez Türkiye'deki üniversitelerde yazılmıştır. Bu 20 tezin; 5 tanesi İngilizce, 1'i Almanca ve geri kalan 14 tanesi Türkçe yazılmıştır. Havayolu ile rekabet kavramına bir arada ilk kez bir tez başlığında 1997 yılında rastlanılmıştır.

Tablo 1'de yer alan tezlerden Tasnadi (1997) ve Önen (2003)'in tezlerinin yayımlanma izni bulunmamaktadır. Bu sebeple bu iki tez incelenememiştir. Diğer 18 tezin gerek tezlerin kendisi gerekse YÖK tez arşivinde bulunan özetlerinden faydalanılarak analizi yapılmıştır. Yaba (2015), Yaşar (2016), Ekicikol (2016) ve Tanrıverdi (2016)'nin tezlerine ise erişim 2018 veya 2019 yıllarına kadar kısıtlanmıştır. Bu sebeple, bu tezlerin konu ve içeriği hakkında YÖK tez arama merkezinde bulunan özetlerden yararlanılmıştır. Erişimi olan tezler ise tek tek doküman analizi yapılarak bilgiler sunulmuştur.

Genelden özele inmek amacıyla öncelikli olarak, başlık olarak rekabet stratejilerini konu edinmiş tezler tarih sırasına göre incelenmiş, ardından yine tarih sıralamasına göre havayollarında rekabetin herhangi bir unsurunu konu edinmiş diğer tezler içerik analizine tabi tutulmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de havayollarında rekabet ile ilgili hazırlanmış lisansüstü tezler

SIRA NU.	TEZİN ADI	TEZİN YAZARI	TEZİN TARİHİ/ SAYFA SAYISI	TEZİN YAPILDIĞI ÜNİVERSİTE	YÖNTEM
1	Sivil havayolu taşımacılığında pazar payının artırılmasına yönelik rekabetçi stratejilerin geliştirilmesi	Vahap ÖNEN Doktora	2003 212 s.	Marmara Üniversitesi	Erişim bulunmamaktadır.
2	Havayolu taşımacılığında regülasyon ve deregülasyonların rekabet stratejilerine etkileri: Türkiye üzerine bir araştırma	Uğur ERDOĞAN Doktora	2014 320 s.	İstanbul Üniversitesi	Nitel araştırma-Odak Grup Tartışması ve Görüşme. Veri toplama yöntemleri: gözlem, mülakatlar, arşiv ve doküman incelemeleri
3	Türkiye'deki havayolu taşıyıcılarının rekabet stratejileri: Düşük maliyetli havayolu taşıyıcıları için model önerisi	Nihan SALDIRANER Doktora	2016 350 s.	Türk Hava Kurumu Üniversitesi	Yarı formal görüşmeler, Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı ve Yapısal Eşitlik Modeli aracılığıyla Ölçeksiz En Küçük Kareler Yöntemi Regresyon Değerlendirilmesi ile incelenmiştir.
4	The theory of contestability and airline deregulation: A survey Rekabete açık piyasalar teorisi ve havayolu şirketlerinde deregülasyon: Toplu bir bakış	Zsolt Andras TASNADI Yüksek Lisans	1997 75 s. İngilizce	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Erişim bulunmamaktadır.
5	Herausforderungen für passagierfluggesellschaften-aufbau von wettbewerbsvorteilen in transatlantikflügen am beispiel der Türkischen luftverkehrsgesellschaft (THY) Atlantikötesi uçuşlarda havayollarının rekabet avantajı sağlayabilmesine yönelik bir araştırma- Türk Hava Yolları örneği	Önder BARLAS Yüksek Lisans	2006 127 s. Almanca	Marmara Üniversitesi	Vaka Çalışması. 400 yolcuya yüz yüze anket uygulanmış ve portföy analizi yapılmıştır.
6	Kriz yönetimi ve rekabet stratejileri: Türk Hava Yollarında bir uygulama	Mehmet ATEŞ Yüksek Lisans	2006 152 s.	Cumhuriyet Üniversitesi	Odak grup çalışması ve ikincil kaynaklar kullanılmıştır.

7	Müzakere sürecinde Türkiye'deki havayolu şirketlerinin Avrupalı rakipleri karşısındaki rekabet gücü ve analizi	Ersan Celal TUNÇ Yüksek Lisans	2007 107 s.	Dokuz Eylül Üniversitesi	İkincil kaynaklar incelenmiştir
8	Havayolu ulaşımında düşük maliyetli taşıyıcılar ve uzun mesafeli hatlarda rekabet olasılıkları	Ebru KARASU Yüksek Lisans	2007 191 s.	Haliç Üniversitesi	İkincil kaynaklara dayanarak yapılmıştır
9	Globalleşme sürecinde uluslararası hava taşımacılığı ve Türk sivil havayollarının rekabet gücü	İlker KAŞIKÇI Yüksek Lisans	2007 238 s.	Gazi Üniversitesi	İkincil kaynaklar kullanılmak suretiyle THY üzerinde bir durum tespiti yapılmıştır.
10	Sivil hava taşımacılığı sektöründe Michael Porter' ın rekabet stratejisi faktörlerinin analizi: Atlasjet ve Pegasus Havayolları kıyaslaması	Sema DİKYOL Yüksek Lisans	2007 272 s.	Marmara Üniversitesi	Görüşme yöntemi kullanılmıştır.
11	Havayolu yolcu taşıma şirketlerinde uygulanan rekabet stratejileri: Türk şirketlerine yönelik nitel bir araştırma	Yunus Emre TAŞGİT Yüksek Lisans	2008 140 s.	Düzce Üniversitesi	Görüşme yöntemi kullanılmıştır.
12	Competitive strategies of airline companies operating in Turkish domestic aviation market Türkiye iç hatlar pazarında rekabet eden havayolu şirketlerinin rekabet stratejileri	Özge PEKSATICI Yüksek Lisans	2010 155 s. İngilizce	Bahçeşehir Üniversitesi	SERVQUAL ölçeği ile nicel ve yarı yapılandırılmış mülakat yöntemi ile nitel olarak çalışma yapılmıştır.
13	Türkiye'de hava ulaştırma sektörünün yapısal incelemesi ve rekabet analizi	İsmail Volkan OTAMIŞ Yüksek Lisans	2013 95 s.	Akdeniz Üniversitesi	İkincil kaynakları kullanarak hazırlamıştır. Kümeleme analizi türlerinden biri olan K ortalamalar yöntemi ile analiz yapılmıştır.
14	Tactical competition of two airlines in fleet assignment İki hava yolu şirketinin filo atama probleminde taktiksel düzeydeki rekabeti	Ceyda YABA Yüksek Lisans	2015 87 s. İngilizce	Boğaziçi Üniversitesi	Endüstri mühendisliğinde yazılmıştır. Logit fonksiyonu kullanılmıştır.
15	Havayolu sektöründe ortaklaşa rekabet stratejisi: Geleneksel havayolu şirketleri üzerine bir araştırma	Gökhan TANRIVERDİ Yüksek Lisans	2016 167 s.	Anadolu Üniversitesi	Yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılmıştır.

16	Competitive position analysis of the airline industry Havayolu endüstrisinde rekabet gücü analizi	Egemen HOPALI Yüksek Lisans	2016 78 s. İngilizce	Marmara Üniversitesi	Bir düşük maliyetli havayolunda çalışan 68 kişiye anket yapılmış. Spearman korelasyon testi, faktör analizi ve yapısal eşitleme modeli (SPSS ile) uygulanmıştır.
17	Türkiye'deki havayolu şirketlerinin uyguladıkları rekabet stratejileri ve yolcuların satın alma davranışları üzerine etkileri (İzmir ili örneği)	Damla EKİCİKOL Yüksek Lisans	2016 178 s.	İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	İkincil kaynaklar ile havayolları incelenmiş ve 402 yolcu üzerinde anket yapılmıştır.
18	Türkiye'de havacılık sektöründeki rekabet stratejilerinin geleneksel havayolu ve düşük maliyetli havayolu işletmeleri bağlamında karşılaştırması	Selçuk KARABULAK Yüksek Lisans	2016 150 s.	Okan Üniversitesi	İkincil kaynaklara dayanılarak yapılmıştır.
19	Rekabet gerilimini etkileyen unsurlar üzerine Türkiye iç hat havayolu taşımacılığı pazarında bir uygulama	Mehmet YAŞAR Yüksek Lisans	2016 191 s.	Anadolu Üniversitesi	İkincil kaynaklar kullanılmış ve anket yapılmıştır.
20	Competitive strategies of airline carriers in Turkish aviation, case study "growth process of Turkish domestic market since 2003".	Korkut MIRZAI Yüksek Lisans	2014 92 s. İngilizce	Coventry University	200 yolcu üzerinde anket uygulanmış ve SERVQUAL ölçeği kullanılmıştır.

4.1. Doğrudan Rekabet Stratejilerini Konu Edinmiş Tezler

Dikyol (2007), “Sivil hava taşımacılığı sektöründe Michael Porter’ın rekabet stratejisi faktörlerinin analizi: Atlasjet ve Pegasus Havayolları kıyaslaması” isimli yüksek lisans tezinde, veri toplama aracı olarak 21 maliyet liderliği ve 22 farklılaştırma ile ilgili soru seti hazırlayarak kişisel görüşme yöntemini kullanmıştır. Sektörel bilgiler doğrultusunda Atlasjet ve Pegasus’un faaliyetlerini göz önünde tutarak yapmış olduğu kişisel görüşmeler ile iki işletmenin Michael Porter’ın jenerik rekabet stratejilerinden hangisini uyguladıklarını ortaya koymaya çalışmıştır. Pegasus’tan 1 yetkili (Yer İşletme Müdürü), Atlasjet’ten ise 9 yetkili (Yer İşletme Başkanı, İnsan Kaynakları Müdürü, Satın Alma Müdürü, Maliyet Analizi ve İstasyon Müdürü, Müşteri İlişkileri Müdürü, Halkla İlişkiler Müdürü, Basın ve Halkla İlişkiler Uzmanı, Bilgi İşlem Müdürü ve Kalite Departmanından bir kişi) ile görüşme gerçekleştirilmiştir. İşletmelerin hemen hemen aynı maliyetlere sahip oldukları bu sebeple de, her ikisinin de maliyet liderliği stratejisini uygulayamadıklarını sadece ‘Yield Management’ (işletmelerin farklı gelir kalemleri yaratabilmesi anlamında kullanılan bir sistem) ile maliyetlerde farklılığa gidebilecekleri sonucuna varılmıştır. Tezde rekabette üstünlük sağlayacak ana ölçütün farklı gelir kalemleri oluşturmak olduğu savunulmuştur. Atlasjet’in ağırlıklı olarak farklılaşma stratejisi üzerine odaklandı; teknolojik farklılık, kalite ve marka imajını ön plana çıkardığı ortaya konulmuştur [10].

Taşgit (2008)’in yapmış olduğu “Havayolu yolcu taşıma şirketlerinde uygulanan rekabet stratejileri: Türk şirketlerine yönelik nitel bir araştırma” isimli tez çalışmasında veri toplama tekniği bakımından 12 soruluk yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Araştırmaya 4 havayolu işletmesi (THY, Onur Air, Pegasus ve Sunexpress) dâhil edilmiş ve her birinden birer yönetici (THY-Stratejik Yatırımlar ve Planlama Müdürü, Onur Air-İç Hatlar Müdürü, Pegasus-Satış Pazarlama Müdürü, SunExpress-Gelir Yönetimi Müdürü) ile görüşme yapılarak araştırma icra edilmiştir. Taşgit, yaptığı çalışma sonucunda;

Porter’ın jenerik rekabet stratejilerine göre THY’nin kendisine maliyet ve farklılaştırma odaklı bir pozisyon seçerken, diğer düşük maliyetli taşıyıcılar Pegasus ve Onur Air’in maliyet odaklı bir işleyiş stratejisini, SunExpress’in ise maliyet ve odaklanma stratejilerini benimsediğini ortaya koymuştur. Miles ve Snow’un rekabet stratejilerine göre ise yapılan tespit, düşük maliyetli taşıyıcıların genelde savunma stratejilerini benimsedikleri, kısmen arayışçı stratejist rolünü üstlendikleri görülmektedir. Diğer taraftan taklitçi stratejinin de, havayolu işletmeciliğinde yoğun olarak izlenen bir strateji olduğu tespiti yapılmıştır. Taşgit (2008), işletmelerin rekabet stratejilerini oluşturmada rol oynayan faktörleri de belirlemiştir. Amaç-misyon-vizyon tanımlamaları, işletmelerin sahip oldukları temel yetenek ve kaynaklar, hitap edilen müşteri kitlesinin özellikleri ve gelecekteki eğilimleri ile havayolu işletmelerinin sahip oldukları entelektüel sermayenin rekabet stratejilerinin oluşturulmasında oldukça etkili olduğu tespiti yapılmıştır [11].

Peksatıcı (2010-İngilizce), “Competitive strategies of airline companies operating in Turkish domestic aviation market- Türkiye iç hatlar pazarında rekabet eden havayolu şirketlerinin rekabet stratejileri” isimli yüksek lisans tezinde, hem nicel hem de nitel bir çalışma yapmıştır. Tezin amacı, iç hatlar pazarında yolcuların beklentilerindeki algılanan farklılıkları ve yolcuların hizmet kalitesi algısını ortaya koymak olarak belirlenmiştir. Tezin nicel kısmında 300 yolcu üzerinde yapılan anket ile havayolu işletmelerinin hizmet kalitesi ve yolcuların hangi havayolu işletmesini neden tercih ettiğinin cevabı bulunmaya çalışılmıştır. Bu kısımda SERVQUAL ölçeği kullanılmıştır. Sonuç olarak, THY’nin en çok tercih edilen havayolu işletmesi olduğu, onu sırasıyla Pegasus, Atlasjet ve Onurair’in izlediği, SunExpress ve AnadoluJet’in marka farklılığı oluşturmadığını ortaya konmuştur. Araştırmanın sonuçlarından birisi de, yolcuların SunExpress’i en bilinen düşük fiyatlı havayolu işletmesi olarak işaret etmesidir ve bunu Pegasus ile AnadoluJet’in izlediğidir. Türkiye’de yolcular tarafından tam hizmetli ile düşük maliyetli havayolu işletmeleri arasındaki farkın bilinmediğini ortaya konmuştur. Nitel araştırma, 25 sorudan oluşan yarı

yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılarak THY, Onurair, Atlasjet ve Pegasus havayolu işletmelerinin üst düzey yöneticileri ile yapılmıştır [12].

Otamış (2013), “Türkiye’de hava ulaştırma sektörünün yapısal incelemesi ve rekabet analizi” başlıklı yüksek lisans tezini ikincil kaynakları kullanarak hazırlamıştır. Havayolu işletmelerini benzerliklerine göre gruplara ayırabilmek için, çok değişkenli istatistik analiz tekniklerinden biri olan kümeleme analizi kullanılmış ve kümeleme analizi türlerinden biri olan K ortalamalar yöntemi seçilmiştir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında, SunExpress, Pegasus ve AnadoluJet’in arkalarında güçlü bir finansal yapı olması ve ölçek ekonomisi ile hareket ederek düşük maliyeti hedeflemeleri sebebiyle aynı kümede yer aldığı tespiti yapılmıştır. Üç işletmenin de hem ölçek ekonomisinin avantajlarını kullanmakta hem de başka stratejileri (odaklanma gibi) esnek biçimde uyguladığı ortaya konulmuştur. Onur Air, Atlas Jet ve Sky’ın düşük maliyet stratejisini tam anlamıyla uygulamak istiyorlarsa ölçeklerini de büyütme yoluna gitmeleri gerektiği sonucuna varılmıştır [13].

Mirzai (2014), Coventry University, İngiltere’de hazırlamış olduğu yüksek lisans tezini “Competitive strategies of airline carriers in Turkish aviation, case study-growth process of Turkish domestic market since 2003” başlığı ile yazmıştır. Nicel bir çalışma yapılmış ve SERVQUAL ölçeği kullanılmıştır. Bu araştırma, 18 yaşın üzerindeki İstanbul, Ankara ve İzmir’de yaşayan 200 yolcu üzerinde 30 sorudan oluşan üç bölümlü bir ankete göre Türkiye’de gerçekleştirilmiştir. Ankette internet üzerinden ve yüz yüze olmak üzere iki farklı şekilde veri toplanmıştır. Anket sadece iç hat pazarındaki yolcular üzerinde yapılmıştır. Yolcuların vermiş oldukları hizmet kalitesi ile ilgili cevaplar doğrultusunda havayolu işletmeleri analiz edilmiştir. İkincil kaynaklara dayanan araştırma ise, var olan alanyazın incelenerek gerçekleştirilmiştir. Anket ve araştırmaya göre, yolcuların havayolu seçiminde karar kriterlerinin, güvenlik, program, uçak konforu, promosyon, bilet fiyatı, personel davranışı gibi unsur olduğu tespiti yapılmıştır [14].

Saldıraner (2016) tarafından yazılan “Türkiye’deki havayolu taşıyıcılarının rekabet

stratejileri: Düşük maliyetli havayolu taşıyıcıları için model önerisi” isimli doktora tezinde havayolu iş modelleri ve strateji uygulamaları ile rekabet avantajı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmada, Türkiye’de faaliyet gösteren düşük maliyetli havayollarının strateji ve iş modelleri detaylı incelenerek öncelikle neden rekabet gücü artışı oluşmadığı sonrasında ise rekabet avantajı sağlamaları için izlenmesi gereken stratejik model oluşturulmaktadır. Saldıraner (2016), çalışmasında 6 hipotez oluşturmuş ve bunlara cevaplar aramıştır. Araştırma kapsamındaki veri; devlet ve işletme veri tabanları incelenerek, görüşmeler yapılarak ve anket uygulanarak toplanmıştır. Bu süreç içerisinde, havayollarının stratejik modellerinde sektöre uyumlu jenerik strateji seçilmesi, yönetsel tercihlerinin uygulanan iş modeline uyumlu olması ve temel yetkinlik ile değer zinciri uygulamalarının dikkate alınması ve havayollarının göreceli pozisyonunun sürdürülebilir rekabet avantajına etkisi olacağı savunulmaktadır. Araştırmanın örneklemini oluşturan düşük maliyetli ve hibrid havayollarında önerilen model faktörlerinin rekabet avantajına etkisi, yarı formal görüşmeler, Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı ve Yapısal Eşitlik Modeli aracılığıyla Ölçeksiz En Küçük Kareler Yöntemi Regresyon Değerlendirilmesi ile incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde, Türkiye’de faaliyet gösteren düşük maliyetli havayollarının yapılarını değiştirmeden strateji ve iş modeli uygulamalarını değiştirmeleri sebebiyle rekabet etmekte güçlük yaşadığı sonucuna ulaşılmıştır [15].

Ekicikol (2016), çalışmasının ilk iki bölümünde strateji, rekabet ve rekabet stratejisi gibi kavramlardan bahsetmiş, Türkiye’de faaliyet gösteren yedi havayolu işletmesini geçmişten günümüze ele almış ve incelemiştir. Son bölümde ise havayolu işletmelerinin rekabet stratejilerinin ve sundukları hizmetlerin, yolcuların satın alma davranışları üzerine etkilerinin neler olduğunun belirlenebilmesi amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Toplam doksan iki sorudan oluşan anket 402 kişiye uygulanmıştır. Teze ulaşım 2019 yılına kadar sınırlandırıldığından dolayı, belirtilen bilgilere YÖK veri tabanındaki özetten ulaşılmıştır [4].

Karabulak (2016), ülkemizde havacılık sektöründe faaliyet gösteren havayolu modellerini incelemiştir. Bu doğrultuda geleneksel havayolu işletmesi Türk Havayolları ile düşük maliyetli havayolu işletmesi olan Pegasus Havayolları karşılaştırmalı bir vaka analizi şeklinde incelemesini yapmıştır. Araştırma ikincil kaynaklara dayandırılan nitel bir çalışmadır. Havacılık sektöründe yazılmış akademik çalışmalar ile sektöre ilişkin makaleler incelenmiş ve sektöre ilgili dergi ve yayınlar takip edilmiştir. THY ve Pegasus için SWOT analizi yapılmış, Porter'ın Beş Güç Modeline ve Değer Zinciri Analizine göre karşılaştırma yapılmıştır [16].

Buraya kadar, rekabet stratejilerini başlık olarak ele alan 8 tez tarih sırasına göre analiz edilmiştir. Bu noktadan sonra ise başlık itibari ile havayolları ve rekabet ile ilgili unsurları içeren diğer tezler tarih sırasına göre incelenmiştir.

4.2. Rekabet Stratejilerini Kısmen Konu Edinmiş Tezler

Barlas (2006-Almanca)'ın hazırlamış olduğu "Atlantik ötesi uçuşlarda havayollarının rekabet avantajı sağlayabilmesine yönelik bir araştırma-Türk Hava Yolları örneği" Almanca yüksek lisans tezi, THY'nin Atlantik ötesi uçuşlarda rekabet avantajı sağlamasına yönelik bir vaka çalışması şeklindedir. Bu çalışmada THY için Atlantik ötesi uçuşlarda rekabet avantajı sağlayacak unsurların belirlenmesi amaç edinilmiş ve kaynak taraması sonucunda ürün bazlı özellikler (koltuklar, hijyen, kabin içi eğlence, uçuşta satılan ürünler, fiyat), hizmet bazlı özellikler (check-in, rezervasyon, kabin görevlileri, uçuş frekansı) ve imaj olmak üzere 3 grup vasıtasıyla uçuş süreci tanımlanmıştır. Atlantik ötesi uçuş yapan 400 yolcuya yüz yüze anket uygulanmış ve verilerin toplanmasından sonra portföy analizi yapılarak sonuçlar doğrultusunda THY'ye rekabet avantajı sağlayabilecek uygulamalar tanımlanmıştır. Sonuçlar, THY'nin özellikle koltuk, kabin görevlileri, rezervasyon ve kabin içi eğlence alanlarında, iyileştirme ve yeniliğe gitmesi gerektiğini göstermiştir. Bu tez havayollarının rekabet stratejileri ile doğrudan ilgili olmasa da, THY'nin Atlantik ötesinde rekabet avantajını nasıl sağlayacağını ortaya koymaya çalışmıştır [17].

Ateş (2006), "Kriz yönetimi ve rekabet stratejileri: Türk Hava Yollarında bir uygulama" isimli yüksek lisans tezinde, THY'nda kriz ortamında rekabet stratejilerini ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışmada yöntem olarak, odak grup çalışması ve ikincil kaynaklar kullanılmıştır. 2001 yılı itibariyle THY yöneticilerinden krizleri görmüş ve yaşamış 10 kişilik bir üst düzey yönetici grubu ile odak grup çalışması icra edilmiştir. Kriz ortamındaki rekabet stratejilerini belirlemek amacıyla 15 soruluk bir gündem hazırlanmıştır. Sonuç olarak, THY'nin kriz ortamında personel bazında küçülmeye gittiği, krizlerde ABD ve Avrupa'da iflas eden havayolu işletmelerinin boşluğunun THY tarafından doldurulduğu, alternatif pazarların değerlendirilmesi (yeni pazarların açılması) ve Bowman'ın strateji saatindeki yüksek kalite-yüksek fiyat yerine yüksek kalite-orta fiyat stratejisini belirlemiş olduğu, sıkı maliyet politikaları ile THY'nin pazar payını koruduğu ortaya konulmuştur [18].

Tunç (2007), "Müzakere sürecinde Türkiye'deki havayolu şirketlerinin Avrupalı rakipleri karşısındaki rekabet gücü ve analizi" isimli çalışmasında, ikincil kaynakları incelemiştir. Havayolu işletmelerinin küresel havayolu olma gereklerini yerine getirebilmek ve sektördeki oyuncularla rekabet edebilmeleri için kullanılan yöntemin, havayolu işletmelerinin diğer işletmelerle iş birliğine gitmesi olduğu sonucuna varılmıştır. Pazara giren yeni oyuncuların da öncelikle kendi aralarında iş birliğine gitmesi, uzun vadede ise THY'nin yolunu izlemesi, sektörün devamı ve rekabet gücü için son derece önemli olduğu şeklinde bir sonuç çıkarılmıştır [19].

Karasu (2007) ise "Havayolu ulaşımında düşük maliyetli taşıyıcılar ve uzun mesafeli hatlarda rekabet olasılıkları" isimli çalışmasını ikincil kaynaklara dayanarak yapmıştır. Varılan sonuç, düşük maliyetli havayollarının uzun mesafeli uçuşlara başlamasıyla maliyetlerinin artacağı, düşük maliyet konseptinden uzaklaşacağı fakat A380 gibi uçakların envantere girmesi ile bunun aşılacağı şeklindedir [20].

Kaşıkçı (2007), "Globalleşme sürecinde uluslararası hava taşımacılığı ve Türk sivil havayollarının rekabet gücü" isimli yüksek lisans

tezinde, ikincil kaynakları kullanmak suretiyle THY üzerinde bir durum tespiti yapmıştır. Sivil hava taşımacılığı sektöründe, deregülasyon hareketlerinin başladığı dönemden itibaren, fiyatlar ve maliyetler düşmekte, taşımacılık faaliyetleri ülke sınırlarını aşarak uluslararası piyasaya kaymakta olduğu tespitinde bulunulmuştur. Uluslararası piyasadaki rekabet içerisinde piyasa paylarını artırmak ve kârlarını yükseltmek isteyen işletmeler, diğer işletmelerle birleşmekte ve küresel iş birliklerine gitmekte olduğu sonucuna varılmıştır [21].

Erdoğan (2014) tarafından hazırlanan “Havayolu taşımacılığında regülasyon ve deregülasyonların rekabet stratejilerine etkileri: Türkiye üzerine bir araştırma” isimli doktora tezinde sektör analizinde, Porter’ in 5 ilkesi doğrultusunda sektör incelenmiştir. Rekabet analizi üç ana başlık altında yapılmıştır. Türk havayolu şirketleri arasındaki rekabetin analizi, uluslararası rekabet analizi ve havalimanlarının rekabet üzerine etkisi; regülasyon ve deregülasyonlar göz önüne alınarak nitel bir araştırma ile ele alınmıştır. Araştırmada kullanılan nitel araştırma yöntemleri, Odak Grup Tartışması ve teke tek yapılan Derinliğine Görüşme yöntemleridir. Bu çalışmanın amacı; Türkiye havayolu pazarının büyümesine, Türk havayolu şirketlerinin rekabet üstünlüğü elde etmesine ve Türkiye’nin küresel havayolu pazarında hâkimiyet oluşturmaya yönelik öneriler yapmak; İstanbul’un önemli bir hava aktarım merkezi haline gelmesinin önemini vurgulamak, Türkiye’nin havayolu pazarında rakipleri olan ülkelere ve onların havayollarına karşı rekabet avantajı sağlayacak stratejiler geliştirmektir. Havayolu pazarında rekabete etki eden en önemli faktörlerin regülasyon ve deregülasyonlar olduğu ifade edilmiştir. Ülkemizde 2003 yılındaki deregülasyon sonrası, havayolu pazarının %608 büyüdüğü, iç hat pazarının tekel olmaktan çıktığı ve yeni oyuncuların pazara girdiği belirtilmiştir. Uluslararası havacılıkta da yeni havacılık anlaşmaları yapılmış, yurtdışına uçulan noktalar iki katına çıkmıştır. Uluslararası havacılıkta rekabeti etkileyen en önemli regülasyonlar hava trafik hakları ve özellikle 6. trafik hakkıdır. Bu hak, Türk havayolu işletmelerine İstanbul bağlantılı seferler yapabileme iznini vermektedir. İstanbul son yıllarda,

dünyanın önemli hava aktarma merkezlerinden biri olmuştur. Avrupa ve Ortadoğu’da İstanbul’a rakip şehirler bulunmaktadır. Bu rekabetin sadece havayolları arasında değil, aynı zamanda ülkeler arasındaki bir rekabet olduğu vurgusu yapılmıştır [22].

Yaba (2015), aynı piyasadaki iki havayolunun taktiksel düzeydeki rekabetini güzergâh tabanlı filo atama modeliyle incelemiştir. Çalışma, endüstri mühendisliği bölümünde hazırlanmış bir yüksek lisans tezidir. Piyasadaki taleplerin havayolları tarafından belirlenen fiyatlara bağlı olduğu, her havayolunun kendi filo atama problemini çözdükten sonra müşterileri diğer güzergâhlarda uçurmaya karar verebileceği tespiti yapılmıştır. Bu müşterilerin diğer güzergâhları hangi oranda tercih edeceği de havayolları tarafından belirlenen fiyatlara bağlı olduğu vurgusu yapılmıştır. Dolayısıyla, havayolları arasındaki rekabet aynı piyasadaki talepte ve diğer güzergâhları tercih etme oranında görülebileceği sonucuna varılmıştır. Havayolları arasındaki piyasa talebi paylaştırılırken ve diğer güzergâhları tercih etme oranı hesaplanırken logit fonksiyonu kullanılmış ve rekabet ortamında verilen fiyatlarla havayollarının denge davranışı aranmıştır. Ayrıca taktiksel seviyedeki rekabette filo tipi, uçak kapasitesi gibi değişkenlerin de fiyatlar kadar önemli olduğu tartışılmıştır. Teze ulaşım 2018 yılına kadar sınırlandırıldığından dolayı, belirtilen bilgilere YÖK veri tabanındaki özetten ulaşılmıştır [4].

Tanrıverdi (2016), ortaklaşa rekabet stratejisini uygulayan havayolu işletmelerinin deneyimlerini ortaya koyabilmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. “Bu amaçla beş geleneksel havayolu işletmesinin üst düzey yöneticileri ile yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır.” şeklinde bir ifade bulursa da geleneksel kavramı ile bahsedilen Türkiye’deki mi yoksa yurt dışındaki havayolları mı mevcut bilgilerden anlaşılacaktır. Eğer Türkiye’deki havayolları kastediliyor ise, geleneksek ifadesi sorgulanmalıdır. Ortaklaşa rekabet stratejisi, iki ya da daha fazla rakip işletme tarafından özellikle rekabet yoğun pazarlarda kullanılan, rekabet ve iş birliğinin aynı anda gerçekleştirildiği bir işletme stratejisi olarak tanımlanmıştır. Rakip işletmeler, karşılıklı menfaatler doğrultusunda aynı anda bir yandan yeni

bir ürün ya da hizmet üretimi için bir araya gelirken diğer alanlarda ise rekabetlerini devam ettirmektedir. Ortaklaşa rekabette temel yetenek ve kaynaklarını bir araya getiren işletmeler, yeni ürün veya hizmet üretiminde ise maliyetleri ve riskleri paylaşmakta olduğu dile getirilmiştir. Böylelikle, maliyetleri düşüren ve riski paylaşan işletmeler, önünü daha iyi görebilme kabiliyeti kazanmakta olduğu tespiti yapılmıştır. Araştırmada ortaya çıkan en önemli sonuç, ortaklaşa rekabet stratejisinin havayolu sektörünün sürdürülebilirliği ve olumsuzlukları aşması için gerekli olduğunun dile getirilmesidir. Araştırmada öne çıkan bir başka sonuç ise, stratejik havayolu ittifakı üyesi havayolu işletmelerinin, ittifakları sorgulamaya başladığı ve ittifakların varlığını devam ettirebilmesi için daha esnek bir yapıya sahip olması gerektiği yönünde olmuştur. Teze ulaşım 2019 yılına kadar sınırlandırıldığından dolayı, belirtilen bilgilere YÖK veri tabanındaki özetten ulaşılmıştır [4].

Hopalı (2016), çalışmasında rekabet pozisyonunun pazar payını artırma ve havayolu endüstrisindeki rakiplere karşı rekabet avantajı sağladığı önemini vurgulamıştır. Genel rekabet stratejileri ve pazarlama stratejileri detaylı bir şekilde araştırılmış ve havayolu işletmelerinin rakipleri karşısında rekabet avantajı sağlama için takip etmesi gereken stratejiler önerilmiştir. Bir düşük maliyetli havayolu işletmesinin toplam 61 personelinden oluşan; 11 üst düzey yönetici, 38 uzman ve 12 beyaz yakalı çalışan ile yüz yüze anket gerçekleştirilmiş. Ankette maliyet, müşteri, kapasite, rakip, tedarikçi, inovasyon, finansal etkinlik, para piyasası ve düzenlemeleri, otorite, güvenilirlik, kalite ve pazarlama konularından oluşan 12 kategoride 51 soru sorulmuş. Sorulara, katılımcıların rakiplerine göre şirketin rekabetçi pozisyonunu 7 puanlık bir Likert ölçeğiyle derecelendirmeleri istenmiştir. Rekabet faktörleri 3 adımlı istatistiksel yöntemle değerlendirilmiştir. Sırasıyla Spearman korelasyon testi, faktör analizi ve yapısal eşitleme modeli uygulanmıştır. Yapısal eşitleme modeli (SPSS ile uygulanmış) yardımıyla faktörler arasındaki korelasyon ve rekabete etkileri araştırılmış, rekabet pozisyonuna sahip olmanın öneminin daha iyi kavranması amaçlanmıştır. Yapısal Eşitlik Modeli hipotezlerine göre, özellikle finansal verimlilik, inovasyon, otorite ve kapasite

faktörleri, düşük maliyetli havayolları açısından rekabet gücü ile önemli ölçüde ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Müşteri ve pazarlama faktörlerinin de rekabet edebilirlik üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Müşteri faktörünün ise finansal verimlilik, otorite ve yenilikçilik ile önemli ölçüde ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, finansal verimlilik, yenilikçilik ve otorite ile uyumun, müşteri memnuniyeti üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu ve bunun rekabet avantajına sahip olduğunu göstermektedir [23].

Yaşar (2016), araştırmasını rekabet edilen pazarların benzerlik derecesini ölçen pazar ortaklığı ile kaynakların benzerlik derecesini ölçen kaynak benzerliğinin işletmelerin rekabet algılarında etkili olup olmadığını, Türkiye iç hatlar havayolu taşımacılığı pazarında yer alan işletmeler üzerinde test etmek amacıyla yapmıştır. Bu amaçla, söz konusu bağlam içerisinde rekabet dinamikleri alanının sunmuş olduğu varsayımların ülkemiz iç hatlar havayolu pazarında işlerlik durumunun ortaya konması hedeflenmiştir. Rakip analizi her bir işletmenin gözünden ayrı ayrı yapılmıştır. Bu bağlamda, işletmeler arasındaki rekabetin simetrik bir görünümde olmadığını savunan rekabet asimetrisinin iç hatlar havayolu pazarında yer alan işletmeler arasında var olup olmadığının ortaya konması da çalışmanın amaçları arasındadır. Araştırmada nicel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma iç ve dış paydaşlara uygulanan birincil veriler (anket) ve otoriteler tarafından sağlanan ikincil verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Sonuç olarak algılanan rekabet gerilimi ile pazar ortaklığı, kaynak benzerliği, piyasa yoğunlaşması ve rekabet asimetrisi arasında anlamlı ilişkiler bulunmuş ve rekabet geriliminin farklı boyutları altında gerilimi açıklayan farklı modeller elde edilmiştir. Teze ulaşım 2019 yılına kadar sınırlandırıldığından dolayı, belirtilen bilgilere YÖK veri tabanındaki özetten ulaşılmıştır [4].

5. Sonuçlar, Tartışma ve Öneriler

Türkiye’de her geçen gün hava taşımacılığı ile ilgili bilimsel çalışmalar artmaktadır. Bununla birlikte rekabet ve havayolu işletmeciliğini ilgilendiren alanyazın oldukça yeni ve kısıtlıdır.

Rekabet konusunun son derece geniş bir konu olduğu düşünüldüğünde, gelişmekte olan bir sektör için lisansüstü tezler alanyazının oluşumuna katkıları açısından önemlidir.

Türkiye'deki mevcut yolcu taşıyan özel havayolları üzerine yazılmış olan lisansüstü tezlerin, genelde havayollarının tamamını ele almamış oldukları (evreni kapsamamaları), görüşülen kişilerin azlığı ve belirli iş modellerine odaklanmış oldukları dikkat çekmektedir. Türk havacılık endüstri yapısını belirleyebilmek ve rekabet stratejilerini ortaya koyabilmek açısından daha kapsamlı ve geniş çalışmalara gereksinim vardır. İncelenen tezlerin bir kısmında, nitel araştırma yöntemi olarak görüşme tekniği kullanılmış ve genellikle ulaşılabilen havayollarından birer yönetici ile görüşmeler yapılmıştır. Sadece seçilen birkaç havayolunda birer yönetici ile yapılmış olan görüşmeler yerine gelecekte yapılacak çalışmalarda havayollarının birkaç yönetici gözüyle çapraz olarak değerlendirmesi sonuçların güvenilirliği açısından yarar sağlayacaktır. Aynı zamanda bazı çalışmalarda tüm evrendeki havayolları ele alınmamış olup sadece birkaç havayolu ile yetinilmesi, sektörel yorumları ve çıkarımları da zayıflatmaktadır. Bazı tezlerde ise, bir havayolunda sadece tek kişi ile görüşme yapılmış olup diğer havayolunda 10'a yakın yönetici ile görüşme yapılmış olması, havayollarını birbiri ile karşılaştırmaktan uzak kaldığını göstermektedir. Diğer bir araştırma bulgusu ise çalışmaların yöntem açısından kısıtlılığı olmuştur. Farklı araştırma yöntemleri ve teknikler kullanılarak çalışmalara yer verilmesi, sektörel olarak da yol gösterici olacaktır. İkincil kaynak incelemeleri durum tespiti açısından çok değerli sonuçlar vermekle birlikte; farklı araştırma yöntemleri ile ikincil kaynaklar desteklenmelidir.

Aynı zamanda üniversite-sektör işbirliği ile yürütülecek bilimsel çalışmalar için gerekli altyapının oluşturulması önemlidir. Devlet ve havayolu işletmeleri tarafından bu yönde verilecek olan desteğin, bilimsel çalışmaların sektöre faydalı hale getirilmesi ile sonuçlanacağı da şüphe götürmemektedir. Araştırma alanındaki üniversite-sektör işbirliği hem akademik alanyazının gelişmesine katkıda bulunacak, hem de sektörün

gereksinimlerinin tespitinde ve sorunlarının çözümünde önemli rol oynayacaktır.

Yapılmış olan çalışmaların bir kısmının liberalizasyon döneminden hemen sonrasına (2003 sonrasındaki 5-6 yıllık dönem) rastlamış olması, havacılık sektöründe hem havayolları açısından hem de sektör açısından çok yeni bir dönemde olunması sebebiyle; bazı bilgilerin henüz netleşmemiş olan verilere dayanabileceği hususunu ortaya çıkarmaktadır. Bu dönemde, ne sektörün ne havayollarının ne de müşterilerin algıları oturmuş durumdadır. Örneğin, düşük maliyetli havayolu işletmesi olarak sektöre giriş yapan Pegasus Havayolları'nın pazarda henüz anlaşamadığı bir dönemdir. Bu nedenle çalışmaları, Türkiye'deki hava taşımacılığı endüstrisinin içinde bulunduğu koşullar dikkate alınarak değerlendirmekte yarar vardır. Bununla birlikte, değerlendirmek için erken bir zaman olmasına karşın, dönemin anlayışına ışık tutması açısından bu çalışmalar önem arz etmektedir.

Havayollarında rekabet ile ilgili hazırlanmış yüksek lisans, doktora tezleri ile projelerin, kendinden önce yapılmış çalışmalara değinmedikleri tespit edilmiştir. Bu husus da, yapılan çalışmaların alanyazındaki hangi boşluğu doldurdukları konusunun değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Bu çalışma aynı zamanda alanyazın konusunda sonraki çalışmalara ışık tutması açısından da önemli görülmektedir.

Tezlerin bir kısmının başlığı ve içeriği arasında uyumsuzluklar mevcuttur. Bu husus, bilimsel araştırmada bulunan insanları içerik konusunda farklı beklentiye sürüklemektedir. Bazı çalışmaların içerik bakımından hizmet kalitesinin ölçülmesi, yolcuların havayolu işletmelerini nasıl algıladıkları, havayolu işletmesinin yolcular tarafından tercih sebepleri veya bir/birkaç havayolu ile ilgili durum tespiti yapmaya yönelik oldukları görülmüştür. Bu çalışmalar kısmi olarak rekabet stratejilerini belirleme emareleri göstermiş olsalar da, Türk sivil havacılık sektöründe rekabet stratejilerini yönetici kademesinin gözüyle ortaya koyan çalışmaların nispeten dar kapsamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda havayollarının rekabet stratejilerini ve endüstrinin rekabet yapısını ifade edebilme

konusunda yeterli veri ve bulgular ile desteklenecek çalışmaların yapılması önemlidir.

6. Araştırmanın Varsayımları ve Kısıtları

Bu araştırmanın ana kısıtını, araştırmanın YÖK elektronik veri tabanına dayanarak yapılmış olması oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, havayollarının rekabeti üzerine yazılmış olan tüm lisansüstü tezlerin YÖK veri tabanında bulunduğu ve erişilebildiği varsayımı ile hareket edilerek araştırma icra edilmiştir.

2018 yılı içerisinde yazılmış ve YÖK veri tabanına girişi yapılmış olan tezler bu araştırmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

Tezlerin bazılarında erişim belirli tarihlere kadar sınırlandırıldığından dolayı, YÖK veri tabanına yazarlar tarafından verilmiş özetler ile yetinilmek zorunda kalınmıştır.

Kaynaklar

- [1] H. Ö. Aldemir ve F. Şengür, "Academic Foundations of Air Transportation Research in an Emerging Country: A Bibliometric Analysis," *International Journal of Aviation Systems, Operations and Training*, 4(1), 15-27, 2017.
- [2] S. Benligiray, "Türkiye'de İnsan Kaynakları Yönetimi Alanında Yapılan Lisansüstü Tezler ve Bu Tezlerde İncelenen Temaların Analizi: 1983-2008 Dönemi," *Eskişehir Osmangazi University IIBF Journal*, 4(1), 167-197, 2009.
- [3] YÖK, "YÖK." http://www.yok.gov.tr/web/guest/universite_lerimiz . [Erişim Tarihi: 4-Temmuz-2018].
- [4] YÖK, "YÖK." <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>. [Erişim Tarihi: 21-Haziran-2018].
- [5] A. Yıldırım ve H. Şimşek, *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2011.
- [6] S. Çepni, *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*. Trabzon: Pegem, 2014.
- [7] N. Karasar, *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayıncılık, 2005.
- [8] K. D. Bailey, *Methods of Social Research*. New York: The Free Press, 2nd Edition, 1982.
- [9] J. F. Rummel, *An Introduction to Research Procedures in Education*. New York: Harper and Row, 2nd edition, 1964.
- [10] S. Dikyol, "Sivil hava taşımacılığı sektöründe Michael Porter'ın rekabet stratejisi faktörlerinin analizi: Atlasjet ve Pegasus Havayolları kıyaslaması," *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 2007.
- [11] Y. E. Taşgit, "Havayolu yolcu taşıma şirketlerinde uygulanan rekabet stratejileri: Türk şirketlerine yönelik nitel bir araştırma," *Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 2008.
- [12] Ö. Peksatıcı, "Competitive strategies of airline companies operating in Turkish domestic aviation market," *Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 2010.
- [13] İ. V. Otamış, "Türkiye'de hava ulaştırma sektörünün yapısal incelemesi ve rekabet analizi," *Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 2013.
- [14] K. Mirzai, "Competitive strategies of airline carriers in Turkish aviation, case study "growth process of Turkish domestic market since 2003",", *Coventry University, Engineering Management Department, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 2014.

- [15] N. Saldıraner, "Türkiye'deki havayolu taşıyıcılarının rekabet stratejileri: Düşük maliyetli havayolu taşıyıcıları için model önerisi," Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 2016.
- [16] S. Karabulak, "Türkiye'de havacılık sektöründeki rekabet stratejilerinin geleneksel havayolu ve düşük maliyetli havayolu işletmeleri bağlamında karşılaştırması," Okan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [17] Ö. Barlas, "Herausforderungen für passagierfluggesellschaften-aufbau von wettbewerbsvorteilen in transatlantikflügen am beispiel der Türkischen luftverkehrsgesellschaft (THY)," Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [18] M. Ateş, "Kriz yönetimi ve rekabet stratejileri: Türk Hava Yollarında bir uygulama," Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [19] E. C. Tunç, "Müzakere sürecinde Türkiye'deki havayolu şirketlerinin Avrupalı rakipleri karşısındaki rekabet gücü ve analizi," Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, 2007.
- [20] E. Karasu, "Havayolu ulaşımında düşük maliyetli taşıyıcılar ve uzun mesafeli hatlarda rekabet olasılıkları," Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [21] İ. Kaşıkçı, "Globalleşme sürecinde uluslararası hava taşımacılığı ve Türk sivil havayollarının rekabet gücü," Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [22] U. Erdoğan, "Havayolu taşımacılığında regülasyon ve deregülasyonların rekabet stratejilerine etkileri: Türkiye üzerine bir araştırma," İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 2014.
- [23] E. Hopalı, "Havayolu endüstrisinde rekabet gücü analizi," Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 2016.



Geliş/Received : 25.09.2018 & Kabul/Accepted : 05.11.2018 & Yayınlanma/Published (online) : 23.12.2018

İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi'nin (HFACS) Literatürde Yaygın Kullanımının Değerlendirilmesi

Kadir DÖNMEZ^{1*}, Suat USLU¹

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Hava Trafik Kontrol Bölümü, Eskişehir, Türkiye

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Hava Trafik Kontrol Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Özet

İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) 2000 yılında Shappell ve Wiegman tarafından tanıtılmıştır. Temeli Reason'un İsviçre Peyniri Modeline dayanan HFACS insan faktörlerini 4 seviye hata ile tanımlar; emniyetsiz davranışlar (seviye-1), emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullar (seviye-2), emniyetsiz yönetim (seviye-3), örgütsel etkiler (seviye-4). Bu sistem ilk olarak Amerikan Deniz Kuvvetleri için veri toplama ve analiz aracı olarak geliştirilmiştir. Günümüzde HFACS'in sivil ve askeri alanda birçok uygulaması mevcuttur. İnsan faktörlerinden kaynaklanan kaza ve olayların veri toplama sürecinin kalitesini ve niceliğini artırırken veri odaklı araştırma stratejilerinin verimini de artıran HFACS literatürde en yaygın kullanılan kaza analiz aracıdır. Bu çalışmada HFACS içerisinde bulunan insan hatası seviyelerinin detaylı anlatımı yapılmıştır. Bununla birlikte HFACS'in havacılık literatüründe ve diğer sektörlerdeki yaygın kullanımı araştırılmıştır. Son olarak HFACS'in havacılık uygulamaları, insan hatası ve emniyet yaklaşımları açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsan faktörleri, HFACS, Örgüt, Yönetim, Havacılık kazaları.

Evaluation of the Widespread Use of Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) in Literature

Abstract

Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) was introduced by Shappell and Wiegman in 2000. The origin of HFACS is based on Reason's Swiss Cheese Model. HFACS identifies human factors with 4 levels of error; unsafe acts (level-1), preconditions for unsafe acts (level-2), unsafe supervision (level-3), organizational influences (level-4). HFACS was originally designed as a data collection and analysis tool for the US Navy. Since its first design, HFACS has many applications in civil and military fields. HFACS is the most widely used accident analysis tool in the literature, which increases the quality and quantity of the data collection process while increasing the efficiency of data-driven research strategies. In this study, human error levels in HFACS were explained in detail. In addition, the widespread use of HFACS in the aviation literature and other sectors was studied. Finally, the aviation applications of HFACS were evaluated in terms of human error and safety approaches.

Keywords: Human factors, HFACS, Organization, Supervision, Aviation accidents

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Arş. Gör. Kadir Dönmez
kadirndonmez@anadolu.edu.tr

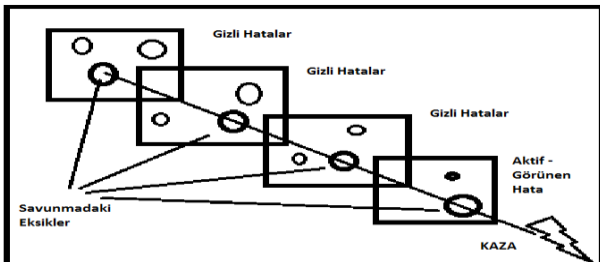
Alıntı/Citation: K. Dönmez and S. Uslu "İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi'nin (HFACS) Literatürde Yaygın Kullanımının Değerlendirilmesi". Journal of Aviation, 2 (2), 156-176, DOI: 10.30518/jav.463607

1. Giriş

Bir uçak kazası meydana geldiğinde eğer kazanın sebebi teknik bir faktör ise bu durum kaza araştırmacıları tarafından verilere dayalı olarak (uçuş veri kaydedicisi ve ses kaydedicisi vb.) ya da belirli testlerle (metal yorgunluk testi vb.) tespit edilebilmektedir. Daha sonra tespit edilen bu faktör kaza veri tabanına sağlıklı ve iyi tanımlanmış bir şekilde girilmektedir (örneğin; “pitot tüpü arızası” şeklinde). Dolayısıyla bu durum kaza sonrası veri tabanı analizlerinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için havacılık otoritelerin işini kolaylaştırmaktadır. Ancak meydana gelen kaza insan faktörlerinden kaynaklanıyorsa bu duruma neyin sebep olduğunu bulmak daha zor olacaktır. Yapılan kaza analizi veri esaslı bir analiz yerine daha çok sezgisel bir analiz olacaktır. Ayrıca mekanik arızaların tespitinde kullanıldığı gibi gelişmiş testler yapmak mümkün olmayacaktır. Bununla birlikte kaza veri tabanına girilen ifadeler iyi tanımlanmamış veriler olacaktır. Bu durum daha sonra yapılan veri tabanı analizleri için havacılık otoritelere kolaylık sağlamayacaktır [1]. İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (The Human Factor Analysis and Classification System-HFACS) bu ihtiyacı karşılamak için Shappell ve Wiegmann tarafından geliştirilmiştir. HFACS’ın temeli, Reason’un İsviçre Peyniri Modeli’ne dayanmaktadır [2].

1.1. İsviçre Peyniri Modeli

1990’ların sonlarına doğru, teknolojik gelişmelerin kazaların önlenmesi üzerindeki etkisi azalmış ve normal seviyelere ulaşmıştır. Bu zamana kadar kazalarda örgütsel etkileri araştırmak adına atılan en büyük adım, James Reason’un kaza nedenselliği düşüncesine dayanan İsviçre Peyniri Modeli’dir. Bu model birçok kişi, şirket ve ICAO gibi dünya havacılık otoriteleri tarafından kabul görmüştür [3]. Reason’un İsviçre Peyniri Modeli Şekil 1’de gösterilmiştir;



Şekil 1. Reason’un İsviçre Peyniri Modeli [4]

Şekilde görüldüğü gibi Reason (2000) çeşitli katmanlar ve bu katmanların üzerindeki delikleri yani patojenleri tanımlamıştır. Bu deliklerin üst üste gelmesi felaketlere neden olmaktadır [5].

Kazaların çoğunda bir katman, felakete sonuçlanacak kazayı durdurabilmektedir. Delikler sistemin veya örgütün zihinsel ve fiziksel yapısına bağlı olarak görünebilir, kaybolabilir veya büyüklükleri değişiklik gösterebilir. Kazalara görünen sebepler neden olmuş gibi görünse de kazaların arkasında örgütsel etkilere kadar uzanan gizli hatalar da bulunmaktadır. Reason’a (1997) göre olayların tamamında görünen hatalar var olmasına rağmen, genellikle tespit edilememekte ya da kötü sonuçlara yol açmadığı için göz ardı edilmektedir [6].

Bu durum Reason’un çalışmasının kendi içinde en büyük problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu problem; tahmin edici bir unsur olmadan bazı görünen ve gizli hataların var olmaya ve problemlere yol açmaya devam edecek olmasıdır. Bu da modeli kaza öncesi analiz yapılabilecek bir model olmaktan çıkarıp kaza sonrası inceleme kalıbıyla sınırlamaktadır. Dolayısıyla bu modelin altında yatan tehlikeler, model üzerinde daha çok çalışmaya ihtiyaç olduğunu düşündürmektedir [3]. Reasonun modelinin geliştirilmesi gerekmekteydi, HFACS bu ihtiyacı karşılamak üzere ilk olarak Amerikan Deniz Kuvvetleri için bir kaza araştırma ve veri analiz aracı olarak tasarlanmıştır. İlk tasarımından bu yana HFACS birçok askeri alanda kullanılmıştır. Günümüzde 1000 den fazla askeri havacılık kazasına uygulanan HFACS insan faktörleri veri toplama sürecinin kalitesini ve niceliğini artırırken veri odaklı araştırma stratejilerinin verimini de artırmıştır. FAA ve NASA gibi kuruluşlar HFACS’in sivil havacılık için de kullanışlı olduğunu ortaya koymuşlardır. HFACS’in sivil havacılık ve diğer alanlarındaki uygulamaları için çabalar devam etmektedir [2].

2. İnsan Faktörleri Analiz Ve Sınıflandırma Sistemi

İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS), kaza ve olaylara katkı sağlayan sebep faktörlerinin tanımlanması ve analizi için geliştirilmiş bir sınıflandırma aracıdır. Bu model

Reason'un İsviçre Peyniri Modeli'ne dayanmaktadır [7]. Reason'un modeli havacılıkta ve diğer endüstriyel kuruluşlarda kazalardaki insan hatasının nedenselliği konusunda bir devrim niteliğindedir. Ancak gerçek hayata uygulanabilir olmaması ve yeterince ayrıntılı olmamasından dolayı yeni bir arayış gerekliydi [8]. Bu boşluğu doldurmak için HFACS'in temelleri 1997 yılında emniyetsiz durumlar için geliştirilen bir kaza sınıflandırma aracı ile atılmıştır. Bu sınıflandırma aracının geliştirilmesi sonucu bugünkü HFACS modeli ortaya çıkmıştır. 2000 yılında Shappell ve Wiegmann tarafından tanıtılmasıyla HFACS havacılık literatürüne girmiştir [9].

Daha sonra HFACS'in literatürde birçok alanda uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Shappell ve Wiegmann'ın geliştirdiği HFACS Reason'un gizli ve görünen hatalar fikrini destekler niteliktedir. HFACS dört seviyeden ve bu seviyelerin ayrıldığı alt sınıflardan oluşmaktadır. Bu alt sınıfların her biri "sebebe faktörleri" olarak adlandırılmaktadır. HFACS'in en güncel halinde Reason'un İsviçre Peyniri Modeli'ndeki dört seviye toplamda 19 sebebe faktörüne ayrılmıştır. HFACS insan hatasını genel olarak 4 seviyede incelemektedir. Bu seviyeler şu şekildedir:

- Emniyetsiz davranışlar
- Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullar
- Emniyetsiz yönetim
- Örgütsel etkiler [9].

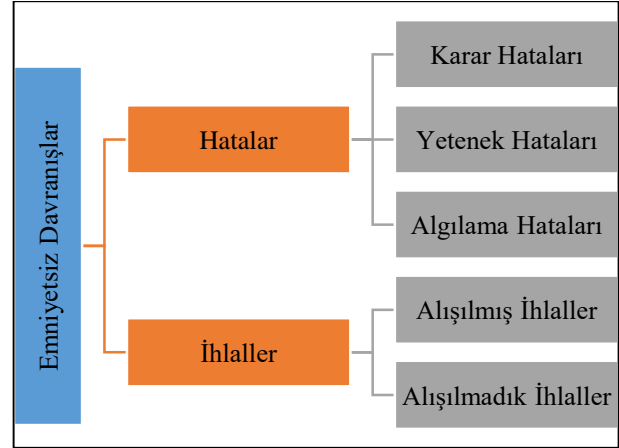
Her bir seviyedeki hata diğerini etkilemekte ve kaza ortaya çıkmaktadır. Aşağıda bu seviyeler sırasıyla anlatılmıştır.

2.1. Emniyetsiz Davranışlar (Seviye-1)

Emniyetsiz davranışlar iki grupta sınıflandırılır:

- Hatalar
- İhlaller.

Birçok benzerlikleri olmasına rağmen bu iki sınıf; kurallar, düzenlemeler ve bir örgüt yapısı düşünüldüğünde belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Emniyetsiz davranışlar Şekil 2'de gösterilmiştir;



Şekil 2. Emniyetsiz davranışlar [9]

Hatalar istenilen sonuçlara ulaşmak için gerçekleştirilen ve yasal olarak değerlendirilen emniyetsiz davranışlardır. İhlaller ise genellikle kuralların ve düzenlemelerin bilerek görmezden gelinmesi sonucu ortaya çıkan emniyetsiz davranışlardır. Hatalar; karar, yetenek ve algılama hataları olmak üzere üç sınıfa ayrılırken, ihlaller; alışılmış ve alışılmadık ihlaller olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Kaza araştırmalarında hatalar ve ihlaller birbirinden ayrıntılı bir şekilde ayrılamamaktadır [10].

2.1.1. Hatalar

Kanunlara ters düşmeyen emniyetsiz davranışlar olarak nitelendirilen hatalar üç grupta incelenmektedir:

- Karar hataları
- Yetenek hataları
- Algılama hataları [10].

2.1.1.1. Karar hataları

En yaygın hata türlerinden biri olan karar hataları, planlanan bir sürecin planlandığı gibi işlemesi ancak başlangıçta planın yanlış yapılması olarak nitelendirilebilir. Bu hata türü "dürüst hatalar" olarak da adlandırılmaktadır. Karar hataları, bireyin vicdan olarak doğru olduğunu düşündüğü fakat doğru bilgi ve doğru seçimin yapılması konusunda eksik kaldığı durumlardır [9]. Yöntemlerin eksik ya da zayıf uygulanması, yanlış seçimler, bilginin yanlış yorumlanması veya kullanılması gibi durumlar bu hata grubuna örnektir [10]. Havacılıkla ilgili olarak, uygun olmayan bir şekilde uçağın kalkışının geciktirilmesi, kalkışın iptal edilmesi, uçağın pisti

pas geçmesi, fazla yük ile kalkma, yakıt seviyelerini tamamen kontrol etmeme veya uçuş öncesi hava tahmini istememe gibi durumlarda alınacak yanlış kararlar bu hata grubuna örnek verilebilir [7].

Karar hataları üç farklı sınıfta değerlendirilebilmektedir. Bunlar; yönetsel hatalar, eksik seçim ve problem çözme hatalarıdır.

Yönetsel hatalar kural temelli hatalar olarak da bilinmektedir. İyi derecede belirtilmiş (eğer a ise b'yi yap) görevlerde yapılan hatalardır. Özellikle sivil ve askeri havacılık sektörlerinde yapılan pilot hataları genellikle yönetsel hatalardır. Uçuşun tüm safhalarında izlenecek yöntemler çok açıktır. Ancak hala hatalar yapılmaktadır. Bu tür hatalar özellikle motor arızası gibi zaman kısıtlaması olan acil durumlarda ortaya çıkmaktadır [9].

Ancak havacılıkta da tüm sıkıntılar yöntemlere uyularak çözülememektedir. Bazen seçim yapılmasını gerektiren kritik durumlar olmaktadır. Örneğin; ailesinden uzak, bir hafta boyunca uçuş yapmış ve evine dönmek üzere olan bir pilotun rotasına çıkan bir fırtına olduğu varsayıldığında; bu pilot ya rotasını çevirip başka bir yere yönelecek veya doğrudan fırtınanın içinden geçerek bir an önce evinde olacaktır. Bu gibi durumlarda karar hataları ya da bilinen diğer adıyla bilgi temelli hatalar meydana gelmektedir. Genellikle yeteri kadar tecrübe edilmemiş durumlarda veya dışardan bir baskı olduğunda bu tür hataların gerçekleşmesi muhtemeldir. Basit düşünmek gerekirse insanlar bazen doğruyu bazen yanlış seçmektedir [9].

Son olarak, problemin tam olarak anlaşılmadığı durumlar ve net yöntemlerin ya da sorunlara verilecek cevap seçeneklerinin mevcut olmadığı durumlar da olabilmektedir. Net olarak tanımlanmamış durumlarda yeni bir çözüm yolu üretilmesi gerekmektedir. Yani pilotlar kendilerini daha önce kimsenin bulmadığı bir durumda bulabilirler. Yavaş ve yoğun bir çözüm çabası gerektiren bu gibi durumlarda zamanın bir lüks olduğu gerçektir. Bu tür karar hataları diğerlerinden daha seyrek görülmektedir. Ancak problem çözme konusunda yapılan hataların oranı yine de yüksektir [9].

2.1.1.2. Yetenek hataları

Karar hatalarının aksine yetenek hataları herhangi bir bilinçlilik hali ya da düşünce gerektirmeyen durumlarda yapılan hatalardır.

Örneğin; otomobil kullanırken direksiyonun kontrolü veya vites geçişleri yapmak gibi hareketler otomatikleşen davranışlardır. Aynı şekilde uçak içinde lövyenin kontrolü veya rudder hareketlerinin kontrolü gibi uzun süre tecrübe edilmiş ve otomatik hale gelmiş davranışlar söz konusudur. Bu tür otomatikleşen davranışlarda yapılan hatalar yetenek hatalarına örnek olarak gösterilebilir. Ekranları taramada başarısızlık, yanlış tuş veya butonların aktif veya pasif hale getirilmesi, kontrol listesi öğelerini atlamak, niyetini unutmak gibi hatalar da bu hata grubuna örnektir [10].

Sonuç olarak yetenek hataları özellikle dikkat, teknik ve hafızadaki eksikliklerden meydana gelen hatalardır. Dikkat hatalarına verilebilecek en klasik örnek; yanan uyarı ışığına odaklanan kokpit ekibinin giderek araziye yani yere yaklaştıklarını fark edememesidir. Bu örnekteki dikkat hatası çok sık görülen yüksek derecede odaklanma davranışıdır. Bu dikkat dağınıklığı normal yaşamda veya araba sürerken üzücü sonuçlara yol açarken havada ise felaketlere yol açabilmektedir [9].

Dikkat hatalarının tersine hafıza hataları; kontrol listesinde atlanan öge, kayıp öge veya unutulmuş niyet olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin birçok insanın buzdolabına gittiğinde ne almak için geldiğini unuttuğu olmuştur. Benzer şekilde, havacılıkta da yoğun stres altında veya acil durumlarda yerine getirilmesi gereken yöntemlerin bazıları kokpit ekibi tarafından atlanabilmektedir. Ancak stres altında olmaları bile bireyler bazen iniş sırasında iniş takımlarını açmayı ya da flapları ayarlamayı unutabilmektedir [9].

Üçüncü ve son yetenek hatası tipi ise teknik hatalardır. Bireyin eğitimine, eğitim alt yapısına ve tecrübeye bakmaksızın teknik davranışlar zinciri büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Başka bir deyişle aynı eğitimi alan ve eşit tecrübelerdeki iki pilotun uçağa vereceği manevralar çok büyük farklılıklar göstermektedir. Bir pilot uçağı süzülen bir kartal edasıyla uçururken diğeri aynı uçağı bir serçenin ani dönüşleri gibi sert bir şekilde uçurabilmektedir. İkisi de emniyetli bir uçuş sürdürse de, karşılaşacakları hata tipleri çok farklı olabilmektedir. Aslında bunun gibi teknikler, doğuştan gelen yetenek ve kabiliyetler kadar önemlidir [9].

2.1.1.3. Algılama hataları

Karar hataları ve yetenek hataları birçok kaza veri tabanında en baskın hatalar olarak görüldüğü için üçüncü ve son hata gurubu olan algılama hataları daha az dikkat çekmektedir. Gerçekte en az diğer hata gurupları kadar önemli olan algılama hataları, algısal girdiler azaldığında veya gece koşulları, kötü hava koşulları gibi alışılmışın dışında çevresel etmenler algıyı azalttığına ortaya çıkmaktadır. Yanlış ve eksik bilgiyle hareket edilmesi, mesafenin, alçalma oranının veya yüksekliğin yanlış ölçülmesi veya görsel yanılgılardan dolayı yanlış geri bildirimler verilmesi bu hata gurubuna örnektir [10].

Bireyin algısı gerçeklikten uzaklaşırsa o kişi hata yapmaktadır. Görsel yanılgılara örnek olarak; gece veya kötü hava koşullarında görselliğin azalması sonucunda beynin kendince boşlukları doldurmaya çalışması gösterilebilir. Benzer şekilde kötü hava koşullarında veya geceleyin, bireyin denge (vestibüler) sistemi havadaki pozisyonunu çözemezse mekânsal yönelim bozukluğu meydana gelmektedir. Bu durumda birey elindeki ipuçlarını kullanarak en iyi tahmini yapmak zorunda kalmaktadır. Her iki durumda da, şüpheli olmayan bir şahıs sıklıkla hatalı bilgilere dayanan bir karar vermeye yatkındır ve dolayısıyla hata yapma potansiyeli yüksektir. Burada dikkat edilmesi gereken konu; görsel yanılgılar veya mekânsal yönelim bozukluğunun değil, pilotun bunlara verdiği hatalı cevapların algılama hatası olduğudur. Örneğin; genellikle görsel referanslarla (göl, akarsu, arazi) uçmaya alışkın olan birçok pilot, gece koşullarında “kara delik etkisi” denilen bir durumla karşılaşabilmektedir. Bu durum pilotun karanlıkta uçtuğunu iyi bilmesine rağmen, olduğundan daha yüksek veya alçak irtifada uçtuğunu düşünmesine sebep olmaktadır. Bu gibi durumlarda pilotların dış çevreden görsel bir referans olmadan, özellikle uçuşun yaklaşma safhasında sadece öncelikli uçuş göstergelerine güvenmeleri gerekmektedir. Hatta bazı pilotlar gece uçuşlarında göstergeleri okumakta bile başarısız olabilmektedir. Sonuç olarak algıda zorluk yaşayan bu pilotlar veya diğer personel, ölümlü kazalara sebep olan hatalar yapabilmektedir [9].

2.1.2. İhlaller

Hatalar, kurallar dâhilinde meydana gelen emniyetsiz davranışlar olarak tanımlanırken, ihlaller kuralların bilinçli olarak görmezden gelinmesi olarak tanımlanmaktadır [9]. Birçok ihlal çeşidi olmasına rağmen, ihlaller genel olarak iki sınıfta incelenmektedir:

- Alışılmış ihlaller
- Alışılmadık ihlaller [10].

2.1.2.1. Alışılmış ihlaller

Alışkanlık haline gelen bu davranışlara genellikle sistem veya yönetimler tarafından da izin verilir. Kuralları esnetmek olarak da nitelendirilen bu durumun tipik örneği; 50 km hız sınırı olan bir yolda 55 km hız yapma durumudur. Hız sınırınının 5-10 km üzerinde ilerlemek çoğu zaman kanunlar tarafından da izin verilen bir durumdur [10]. Tanımdan da anlaşılacağı gibi eğer alışılmış ihlaller tespit edilirse hata zincirinde daha yukarıya yani yöneticilere bakmak gerekmektedir. Alışılmış ihlaller, kurallara uymayan yöneticilerin otoritesi altındaki bireyler tarafından yapılmaktadır. Havacılıkta alışılmış ihlallere örnek olarak, sürekli şekilde olumsuz hava koşullarının içinden uçan pilotlar verilebilir [9].

2.1.2.2 Alışılmadık ihlaller

Bu ihlal türleri otoritelerle ters düşülen durumlar olarak nitelendirilebilir. Ne yöneticiler ne de bireyler tarafından göz yumulmayan durumlardır. Bu ihlallere verilecek en tipik örnek ise yine 50 km hız sınırı olan bir yolda 105 km hız yapma durumudur. Bu duruma ne otorite ne de kanunlar izin verir. Bu durumu gören bir polis mutlaka cezai işlem uygulayacaktır. Bu ihlaller doğası gereği alışılmadık olduklarından bu isim verilmiştir [10].

Havacılıkta ise yasaklı bir hava sahasında uçmak, uçakla bir köprünün altından geçmek veya alçak kanyon uçuşu yapmak gibi durumlar alışılmadık ihlallere örnektir. Alışılmadık veya sıra dışı olarak adlandırılan bu ihlaller yaşanan olaylar sıra dışı olduğu için değil, kurallar ve kanunlar dışında gerçekleştiği için sıra dışı olarak nitelendirilmektedir. Alışılmadık ihlalleri sıra dışı yapan, bu ihlal türü gerçekleşmeden önce herhangi bir belirti veya tahmin edici unsurun olmamasıdır.

Bu nedenle alışılmadık ihlallerle başa çıkmak çok zordur [9].

Hata ve ihlallerin daha iyi anlaşılabilmesi açısından, HFACS sınıfları altında bulunan, uçuş

operasyonlarında karşılaşılan hata ve ihlallerin bazıları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Hatalar	İhlaller
<ul style="list-style-type: none"> •Karar hataları •Uygun olmayan yöntem •Acil durumun yanlış teşhisi •Acil duruma yanlış yanıt verilmesi •Yeteneği aşan durumlar •Uygun olmayan manevra yapılması •Zayıf ya da eksik karar •Eksik veya uygun olmayan uçuş planlaması •Uygun olmayan kalkış/iniş iptal kararları •Uygun olmayan yakıt alma/boşaltma kararları •Yetenek Hataları •Görsel taramada yanılma •Dikkat önceliğinde hata •Uçuş kontrollerinin uygun olmayan ya da yanlış kullanımı •Yöntemlerde atlanan adım •Atlanan checklist ögesi •Zayıf teknik •Uçakları aşırı kontrol •Kontrolsüz hız yapma •Uygun irtifayı koruyamama •Uygun süzülüş açısını sürdürmememe •Algılama Hataları •Yanlış ölçülen mesafe / yükseklik / hava hızı •Mekansal yönelim bozukluğu •Görsel yanılma vb. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alışılmış ihaller •Brifinglere uyulmaması •Radar altimetre kullanımında başarısız olunması •Yetkisi olmayan bir yaklaşma yapılması •Eğitim kurallarının ihlal edilmesi •Aşırı manevralarla uçulması •Uçuşa düzgün şekilde hazırlanılmaması •Bilgilendirilmiş yetkisiz uçuş gerçekleştirme •Görev için geçerli ya da nitelikli olmama •Alışılmadık ihaller •Uçak sınırlarını kasıtlı olarak aşma •Görerek uçuş şartlarında düşük irtifada uçuşa ısrarla devam etme •Yetkisiz alçak irtifa kanyon uçuşu •Aletli uçuş şartlarında görerek uçuş yapma •Eksik ekipman olduğu bilindiği halde uçuş yapma vb.

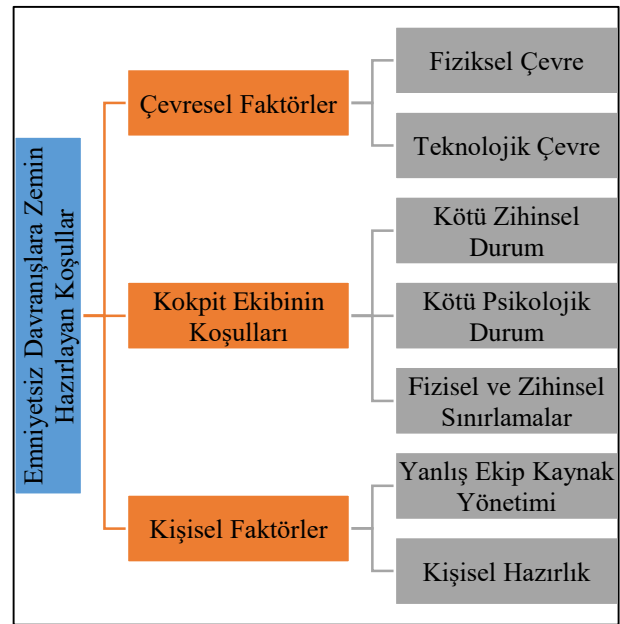
Şekil 3. Hatalar ve ihlaller [8, 9]

2.2. Emniyetsiz Davranışlara Zemin Hazırlayan Koşullar (Seviye-2)

Sadece emniyetsiz davranışlara odaklanmak, ateşi olan bir hastanın altında yatan sebeplere odaklanmadan sadece ateşine odaklanmaya benzemektedir. Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşulları analiz etmek için araştırmacıların daha derin araştırmalar yapması gerekmektedir. HFACS içinde emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullar üç sınıfta incelenmektedir.

- Çevresel faktörler
- Kokpit ekibinin koşulları
- Kişisel faktörler [10].

Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullar Şekil 4'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullar [9]

2.2.1. Çevresel faktörler

Emniyetsiz davranışlara sebep olan çevresel faktörler HFACS içinde iki sınıfta incelenmektedir.

- Fiziksel çevre
- Teknolojik çevre [10].

2.2.1.1. Fiziksel çevre

Kokpit ekibinin performansını oldukça etkileyen fiziksel çevre ekip performansına sayısız sınırlamalar getirmektedir. Operasyonel çevre ve ortamın havasını içermektedir. Örneğin; sıcak bir ortamda uçan pilotun sıcaktan etkilenerek emniyetsiz bir davranış sergilemesi muhtemeldir. Sıcaklık, gürültü, titreşim, dış kuvvetler, ışık vb. faktörler bu sınıfta incelenmektedir [11].

2.2.1.2. Teknolojik çevre

Son yıllarda teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte bu faktör havacılık literatürüne girmiştir. Bu faktör kokpit ekibinin performansını etkileyebilecek her türlü donanım ve kontrollerin tasarımını, gösterge karakteristiklerini ve otomasyonlarını içermektedir. Yeni ve yakın zamanda tanıtılmış bir donanımın kokpite girmesi karışıklığa yol açabilmekte ve bu da pilotun emniyetsiz davranışlarına sebep olabilmektedir [11].

2.2.2. Kokpit ekibinin koşulları

Emniyetsiz davranışlara sebep olan kokpit ekibinin koşulları üç alt başlıkta incelenmektedir. Bunlar;

- Kötü zihinsel durum
- Kötü fizyolojik durum
- Fiziksel ve zihinsel sınırlamalardır [10].

2.2.2.1. Kötü zihinsel durum

Zihinsel olarak bir işe hazır hissetmek birçok alanda özellikle de havacılıkta çok önemlidir. Kötü zihinsel durum, performansı olumsuz etkileyen zihinsel koşullar olarak nitelendirilmektedir. Bu zihinsel koşullar; durumsal farkındalığın kaybedilmesi, zihinsel yorgunluk, biyolojik saat (sirkadyen ritim) bozukluğu, aşırı özgüven, memnuniyet veya yanlış motivasyon gibi kararları olumsuz etkileyebilecek ve emniyetsiz davranışlara yol açabilecek zararlı tutumları içermektedir [10]. Zihinsel olarak yorgun olan bireyin sebebi ne olursa olsun hata yapma olasılığı yüksektir. İnsan hatası

sınıflandırma çerçeveleri mutlaka kötü zihinsel durumları dikkate alınmalıdır [9].

2.2.2.2. Kötü fizyolojik durum

Kötü zihinsel durum ile aynı öneme sahip olan kötü fizyolojik durum faktörü de uçuş emniyetini etkilemektedir. Özellikle havacılık için büyük öneme sahip olan mekânsal yönelim bozukluğu, zehirlenme, görsel yanılgılar, uykusuzluk, medikal ya da kimyasal anormallikler performansı etkileyen fizyolojik faktörler olarak bilinmektedir. Örneğin bir pilot mekânsal yönelim bozukluğu yaşadığında uçuş göstergelerine güvenmemesi kaza olasılığını artırmaktadır [10].

Görsel yanılgıların ve mekânsal yönelim bozukluğunun etkileri çoğu havacı tarafından iyi bilinmektedir. Havacılar tarafından iyi bilinmeyen ya da çoğu zaman göz ardı edilen ve kokpit performansını etkileyen durum ise basitçe ifade etmek gerekirse “hasta” olmaktır. Çoğu insanın işe hasta bir şekilde gittiği olmuştur. Genellikle ayaküstü içilen ağrı kesiciler veya antibiyotikler ile iyileşip iyi bir performans sergilenebilmektedir. Soğuk algınlığı olan bir pilot bu durumu ayaküstü bir ilaçla geçirebileceğini düşünmektedir. Aslında burunları tıkanıp zaman havacılar, kabin basıncından dolayı ağrı yapan sinüslerine odaklanırlar ve bunu daha fazla büyütmezler. Ancak bu durum orta kulak iltihabına sebep olabilmekte ve dolayısıyla mekânsal yönelim bozukluğuna yol açabilmektedir (ilaçların yan etkileri, yorgunluk, uyku gibi durumlar hariç). Bu nedenle medikal durumlara odaklanmak da emniyet uzmanlarının görevlerinden biridir [9].

2.2.2.3. Fiziksel ve zihinsel sınırlamalar

Kokpit ekibinin fiziksel ve zihinsel sınırlamaları emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan üçüncü ve son koşuldur. Algısal girdilerin ulaşılabilir olmaması ya da ulaşılabilir fakat bireyin o anda buna ulaşabilecek kapasite, yetenek veya zamanı olmaması olarak nitelendirilir. Havacılıkta, görsel bir sınırlama yüzünden arkadaki uçağın öndeki uçağı görmemesi örneği verilmektedir. Bununla birlikte çoğu zaman hızlı bir zihinsel süreç veya tepki gerektiren durumlarda yeteri kadar zamanın olmaması örneği de verilmektedir. Ancak yeterli görsel imkânlar ve yeterli zaman olmasına rağmen bazen bireyin uçuşun emniyetini sürdüreceği gerekli

tutum, yetenek veya nitelikte olmadığı durumlara da rastlanmaktadır [10].

Uçağı kontrol noktasında bireyin limitlerini aşan durumlar olabilmektedir. Örneğin; insanın görsel algısı geceleri ciddi şekilde düşmektedir. Gece karanlığında araba kullanırken algı azaldığında yavaşlayarak ilave tedbirler alınabilir. Havacılıkta ise yavaşlamak bir seçenek değildir. Bu gibi durumlarda temel uçuş göstergelerine daha fazla dikkat etmek emniyeti artıran bir tedbir olacaktır. Ancak gerekli tedbirler alınmadığında pilotlar diğer uçakları veya engelleri görmekte zorlandığı için sonuçlar felaket olabilmektedir. Benzer şekilde bir manevrayı veya görevi tamamlamak için belirli bir zaman kısıtlamasının olduğu durumlar da vardır. Bireyler bilgiyi işleme ve cevap verme yetenekleri bakımından büyük farklılık göstermektedir. Ama yine de iyi pilotlar çoğu duruma genellikle hızlı ve doğru bir şekilde cevap vermektedir. Ancak hızlı cevap verilmesi gereken durumlarda genellikle hata yapma olasılığı da artmaktadır. Sonuç olarak havacılıkta bu durum düşünüldüğünde, acil durum içinde bulunan bir pilotun hızlı cevap vermesi gereken bir durumda yanlış cevap vermesi oldukça olasıdır [9].

Yukarıda belirtilen bilgiyi işleme ve cevap verme yeteneklerine ek olarak, zihinsel ve fiziksel sınırlamalara en az iki durum daha eklenmektedir. Bunlardan ilki bireyin yetenek ve fiziksel olarak havacılığa uygun olmamasıdır. Örneğin, bazı bireyler G kuvvetine dayanıklı olmayabilir ya da başka sebeplerden dolayı kontrol yeteneği bulunmayabilir. Diğer bir deyişle kokpitler her boyutta, kiloda veya fiziksel yetenekte bireyler için tasarlanmamıştır. Benzer şekilde bazı bireyler zihinsel olarak bir uçağı uçurmaya yetecek kabiliyette değildirler. Herkes bir piyanist gibi konser veremez aynı şekilde herkes doğuştan pilot olarak doğmamaktadır. Pilotluk hayatı kurtaracak durumlarda hızlı ve doğru kararlar vermeyi gerektiren bir meslektir. Emniyet uzmanları için ise kazaya sebep olan zincirde kırılan halkanın yetenek olup olmadığını bulmak oldukça zorlu bir görevdir [9].

2.2.3. Kişisel faktörler

Kokpit ekibinin kişisel faktörleri de emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşullardandır. Kişisel faktörler iki alt başlıkta incelenmektedir.

2.2.3.1. Yanlış ekip kaynak yönetimi

Ekibin tüm üyelerinin koordinasyon içerisinde hareket ettiğinden emin olmamak kafa karışıklığına ve bu da kötü zihinsel duruma sebep olur. Dolayısıyla bu durum kokpitte zayıf ya da eksik kararlar verilmesine sebep olacaktır. Yanlış ekip kaynak yönetimi ise ekibin kokpit içi ve kokpit dışı (hava trafik kontrolörleri-yer personeli) iletişimindeki olumsuzlukları içerir. Bu sınıf, ekibin bir takım olarak birlikte uyum içerisinde çalışmaması durumlarını da içermektedir. Uçuş öncesinde, uçuş sırasında ve sonrasında uçuşu yöneten kokpit ekibinin koordinasyonundaki zayıflıklar da bu sınıfa girmektedir [10].

Kokpitte koordinasyon eksikliğinden meydana gelen kafa karışıklığının sebep olduğu bir kaza olma olasılığı oldukça yüksektir. Aslında uçak kazası veri tabanları eksik koordinasyondan meydana gelen birçok kaza ile doludur. En çok bilinen örneklerinden birisi; Florida Everglades Şehri'nde 1972'de gece karanlığında meydana gelen kazadır. Bu kazada ekip, ışıktandırmada meydana gelen bir arıza ile uğraşırken uçağın pozisyonunu kontrol etmeyi gözden geçiriyor. Genellikle herhangi bir arıza ile uğraşırken bile ekipten en az birinin temel uçuş göstergelerini kontrol etmesi gerekmektedir. Ancak bu kazada kimse temel uçuş göstergelerini kontrol etmemişti. Uçak fark edilmeyecek bir şekilde yavaşlamış ve Everglades Şehri'ne çakılmıştır. Sonuç olarak çok sayıda kayıp meydana gelmiştir [9].

2.2.3.2. Kişisel hazırlık

Bireylerin kişisel olarak uçuşa hazır olmaları da CRM ile eşit derecede öneme sahiptir. Ekibin dinlenme sürelerini ihlal etmesi, alkol kısıtlamalarını ihlal etmesi, kendi kendine ilaç kullanması, diyet yapması bu sınıfa örnek verilebilecek durumlardır [10].

Birçok işte, çalışanın işe hazır bir şekilde gelmesi gerçekten önemlidir. Özellikle havacılıkta birey zihinsel ve fiziksel olarak hazır olmadığı zaman olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Kişinin bireysel hazırlık kurallarını ihlal etmesi emniyetsiz davranışlar içerisinde bulunan ihlaller ile karıştırılmamalıdır. Çünkü bu ihlaller kokpitte gerçekleşmemektedir. Ayrıca bunlar uçuşu doğrudan etkileyen görünen hatalar değil gizli

hatalardır. Kişisel hazırlıkta yapılan tüm hatalar kuralları çiğnemek olarak değerlendirilemez. Örneğin; uçuşa gelmeden önce 10 km yürüyüş yapması pilotu zihinsel ve fiziksel olarak yorgun bırakacaktır ancak bu bir kural ihlali değildir. Fakat

kişisel hazırlıkla ilgili bazı konularda kesin kurallar olmaması pilotları en iyi şekilde uçuşa hazır olmaktan alıkoymamalıdır [10].

Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşulların bazıları Şekil 5’te gösterilmiştir.

Çevresel faktörler	Kokpit ekibinin koşulları	Kişisel faktörler
<ul style="list-style-type: none"> • Fiziksel Çevre • Uygun olmayan ortam (sıcaklık, gürültü, titreşim, ışık, dış kuvvetler vb.) • Teknolojik Çevre • Uygun olmayan donanım (kontroller, göstergeler, koltuklar, iletişim araçları vb.) • Uygun olmayan yazılım - arayüz (otomasyon sistemleri, iletişim sistemleri vb.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kötü Zihinsel Durum • Kanalize olmuş dikkat • Halinden memnun olma (öz tatmin) • Dikkat dağınıklığı • Zihinsel yorgunluk • Eve dönüş sendromu • Acelecilik • Özgüven • Durumsal farkındalığın kaybedilmesi. • Yetersiz motivasyon • Görev doygunluğu • Kötü Fizyolojik Durum • Bozulmuş fizyolojik durum • Tıbbi hastalık • Yetersiz fizyolojik kapasite • Fizyolojik yorgunluk • Fiziksel ve zihinsel sınırlamalar • Yetersiz reaksiyon süresi • Görsel sınırlamalar • Uyumsuz zeka/yetenek • Uyumsuz fizyolojik kapasite. 	<ul style="list-style-type: none"> • Yanlış ekip kaynak yönetimi (CRM) • Destek olma başarısızlığı • Koorsinasyon ve iletişimde başarısızlık • Eksik bilgilendirme • Kaynak kullanımında başarısızlık • Liderlik konusunda başarısızlık • Trafik işaretlerinin yanlış yorumlanması • Personelin Hazırlık Durumu • Aşırı fiziksel eğitimler • Kendi kendine ilaç kullanımı • Dinlenme sürelerinin ihlal edilmesi • Alkol kullanımı kurallarının ihlali vb.

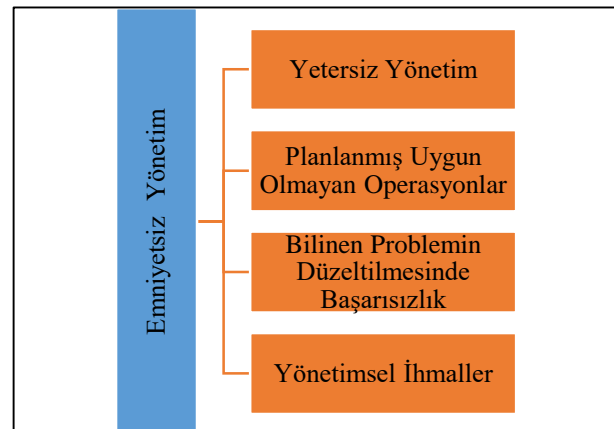
Şekil 5. Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşulların faktörleri [9, 11]

2.3. Emniyetsiz Yönetim (Seviye-3)

Kokpit ekibinin kendi hareketlerinden sorumlu olduğu açıktır. Ancak yöneticilerin hataları ve gizli hataların, ekibin emniyetsiz davranışlarını tetiklediği birçok örnekte mevcuttur. Gizli hatalar düşünüldüğünde en kapsayıcı sınıf yönetimdir. Emniyetsiz yönetim dört sebep faktöründen oluşmaktadır.

- Yetersiz yönetim
- Planlanmış uygun olmayan operasyonlar
- Bilinen problemin düzeltilmesinde başarısızlık
- Yönetimsel ihlaller [10].

Emniyetsiz yönetim sebep faktörleri Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Emniyetsiz yönetim [9]

2.3.1. Yetersiz yönetim

İlk sınıf yetersiz yönetim, yönetimin tutumlarını ve hareketlerini etkileyen yönetimsel komuta zincirinde meydana gelen hataları içermektedir.

Yöneticiler kokpit ekibine başarıya ulaşmaları için fırsatlar sunmalıdır. Yöneticiler bireye karşı yeterli eğitimi vermek, profesyonel rehberlik sağlamak, örgütsel liderlik yapmak gibi konularda uygun ve gerekli tutumları sergilemelidir. Bu imkânlar sağlanmadığında gün geçtikçe operasyonel riskler artacaktır [10].

Yeterince eğitim sağlanmadığının ya da sağlanan eğitime katılım imkânlarının yeterli olmadığına farkına varmak zor değildir. Eğitim konusunda başarısızlık kokpit ekibinin koordinasyon kurmada başarısız olmasını tetikleyerek hata yapma riskini artıracaktır. Benzer şekilde profesyonel gözetim ve rehberlik sağlamak başarılı bir örgütün temel yapı taşlarıdır. Çalışanlarının bağımsız kararlar verebilmesi mutlaka önemlidir ancak bu, yönetimin gözetimi altında olmalıdır. Gözetim ve rehberlik eksikliğinin kokpit içerisinde bir çok ihlalin ortaya çıkmasına katkı sağladığı kanıtlanmıştır. Bunun gibi birçok konuda yöneticilerin kazalarda insan faktörünün genlerini etkilediği söylenebilir [9].

2.3.2. Planlanmış uygun olmayan operasyonlar

Yönetimsel hatalarla ilgili riskler birçok şekilde oluşabilmektedir. Genellikle operasyonel tempo veya çalışma takvimleri bireyi riske atacak ve performansını etkileyecek şekilde planlanmaktadır. Bunun gibi operasyonlar acil durumlar haricinde normal çalışma durumları için kabul edilemezdir. Bu durumlar planlanmış uygun olmayan operasyonlar sınıfı altında incelenmektedir. Aynı şekilde uygun olmayan ekip eşleştirmesi, ekibe uygun dinlenme zamanının tahsis edilmemesi, spesifik görevlerde riskin yönetilememesi gibi konular da bu sınıf altında incelenmektedir [10]. Bu konuya en iyi örnek yanlış eşleştirmelerdir. Baskın bir kaptan pilot ile işe yeni başlayan zayıf yardımcı pilotun eşleşmelerinde genellikle iletişim problemleri ortaya çıkmaktadır. “Kokpit içi otorite kayması” olarak adlandırılan bu durumun havacılık tarihinde büyük felakete yol açtığı tecrübe edilmiştir [9].

2.3.3. Bilinen problemin düzeltilmesinde başarısızlık

Emniyetsiz yönetim başlığı altında kalan diğer iki sınıf; bilinen problemin düzeltilmesinde başarısızlıklar ve yönetsel ihlallerdir. Bu iki sınıf benzer olsa da HFACS içinde ayrı ayrı ele alınmıştır. Bilinen problemin düzeltilmesinde başarısızlıklar; birey, donanım veya ilgili emniyet alanlarındaki problemlerin yöneticiler tarafından bilinmesi fakat bu problemler düzeltilmeden operasyonların devam ettirilmesidir. Örneğin; uygunsuz bir davranışın düzeltilmesindeki başarısızlıklar, emniyetsiz bir atmosferi teşvik eder. Ancak bu herhangi bir kanun çiğnenmediği veya düzenlenme görmezden gelinmediği için bir ihlal olarak düşünülmez [10].

Kaza araştırmacıları büyük felakete yol açan bazı kazalardan sonra pilotun yakınları, meslektaşları ve ailesinden “bir gün bunu yapacağını biliyorduk” cümlesini azımsanmayacak kadar çok duymuşlardır. Eğer yöneticiler pilotun kapasitesinin artık bu iş için uygun olmadığını biliyorsa uçuşuna izin vermekle pilota iyilik yapmış olmayacaklardır. Gerek ilaç tedavisi ile gerekse de pilotun lisansını askıya alarak davranışların düzeltilmesi yoluna gidilmezse pilotun ve uçak içindeki birçok kişinin hayatı riske atılmış olacaktır. Yanlış davranışların düzeltilmemesi ve disiplinsizlik emniyetsiz davranışlara ve kuralların ihlal edilmesine sebep olmaktadır. Havacılık tarihi alçak uçuşlarıyla övünen pilotların ifadeleri ve hikâyeleriyle doludur. Pilotlar bu hikâyeleri genellikle ego tatmini için anlatmaktadırlar. Birileri eğlenirken bazıları can pazarı yaşayabilmektedir. Bu gibi durumlar mutlaka tanık olanlar tarafından rapor edilerek bir sonraki olayın önüne geçilmelidir [9].

2.3.4. Yönetimsel ihlaller

Yönetimsel ihlaller, kuralların veya düzenlemelerin yöneticiler tarafından bilinçli olarak ihlal edilmesidir. Örneğin; geçerli lisans veya sertifikası olmayan personelin uçuşuna izin vermek felakete yol açacak olaylar zincirinin başlangıcı olabilmektedir [10]. Emniyetsiz yönetim faktörlerinden bazıları Şekil 7’de gösterilmiştir;

Yetersiz Yönetim	Planlanmış Uygun Olmayan Operasyonlar	Bilinen Problemi Düzeltmede Başarısızlık	Yönetimsel İhmaller
<ul style="list-style-type: none"> • Rehberlik sağlamakta başarısızlık • Operasyonel doktrin sağlanmasında başarısızlık • Gözetim başarısızlıkları • Eğitim sağlamakta başarısızlık • Niteliklerin izlenmesinde başarısızlık • Performans takibinde başarısızlık 	<ul style="list-style-type: none"> • Doğru verilerin sağlanmasında başarısızlık • Yeterli bilgilendirme zamanının verilmemesi • Uygunsuz eşleştirme • Kurallara uygun olamayan göreve atama • Kokpit ekibine uygun dinlenme zamanı tahsis etmeme 	<ul style="list-style-type: none"> • Dökümanlardaki problemin düzeltilmemesi • Düzeltici eylemin başlatılması konusunda başarısızlıklar • Riskin belirlenmesi konusunda başarısızlık • Emniyetsiz girişimlerin rapor edilmesinde başarısızlık 	<ul style="list-style-type: none"> • Gereksiz tehlikelere izin vermek • Kuralların ve kanunların uygulanmasında başarısızlık • Uçuşa yetkisiz personele izin vermek

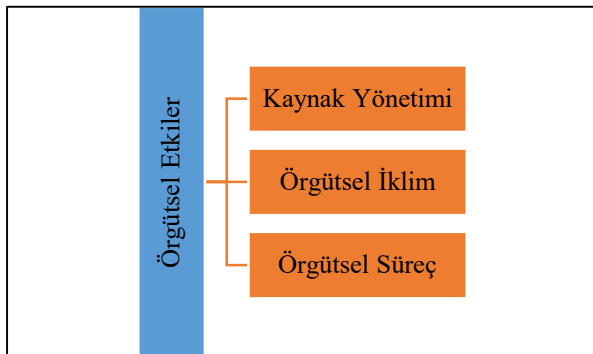
Şekil 7. Emniyetsiz yönetim faktörleri [9]

2.4. Örgütsel Etkiler (Seviye-4)

Daha üst seviyedeki hatalı kararlar yönetim seviyesinin uygulamalarını hatta kokpit ekibinin koşullarını veya hareketlerini doğrudan etkileyebilmektedir. Ne yazık ki örgütsel etkiler en iyi kaza araştırmacıları tarafından bile çoğu zaman görmezden gelinmekte ve rapor edilmemektedir. Geleneksel olarak bu gizli örgütsel hatalar üç sınıfta incelenmektedir.

- Kaynak yönetimi
- Örgütsel iklim
- Örgütsel süreç [10].

Örgütsel etkiler faktörleri Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Örgütsel etkiler [9]

2.4.1. Kaynak yönetimi

İlk sınıf olan kaynak yönetimi örgütsel kaynakların yönetimi, tahsisi ve bakımı konularını içermektedir. Kaynak yönetimi sınıfı ayrıca insan kaynakları yönetimi (eleme, eğitim, personel

temini), bütçe yönetimi ve donanım tasarımı gibi konuları da içermektedir. Genel olarak emniyet hedefleri ve ekonomik hedefler arasındaki dengeyi sağlamak kaynak yönetiminin temel amacıdır. Bolluk zamanında bu iki amaç kolaylıkla dengelenebilirken, tarihte birçok örneğinde görüldüğü gibi mali sıkıntılar ortaya çıktığında emniyet ve eğitim konuları bütçe kısıtlamasına gidilen ve bu savaşı kaybeden ilk alanlar olmaktadır [10].

Aşırı bütçe kısıtlamaları şirket tarafından donanım teminini de etkilemektedir. Kokpit ekibi eskimiş, bozuk veya modası geçmiş donanımları kullanmak zorunda bırakılabilmektedir. Bakımları eksik yapılmış donanımlar, kötü çalışma ortamları, mevcut donanımlardaki sıkıntıların giderilmemesi gibi konular yine bütçe kısıtlamasına giden bir şirketin başvuracağı hilelerdir. Sonuç olarak lisansı olmayan pilotların, uçuşa uygun olmayan, sertifikasız, bakımları eksik bir uçakla, zorlu çalışma şartlarında ve ağır iş takviminde uçmak zorunda kaldığı bir senaryo ortaya çıkabilmektedir. Bunun gibi durumlarda felaket sonuçların ortaya çıkması oldukça muhtemeldir [9].

2.4.2. Örgütsel iklim

Örgütsel iklim genel bir ifadeyle örgütün bireylere karşı davranış şekli olarak tanımlanır. Bireyin performansını etkileyen örgüt içerisindeki her türlü değişiklikler olarak da ifade edilebilir. Resmi hesap verilebilirlik, emir komuta zinciri,

otoritelerin ve sorumluların ataması, iletişim kanalları gibi konuları içermektedir. Kokpit içindeki iletişim ve koordinasyon ne kadar önemliyse örgüt içindeki iletişim ve koordinasyon da o kadar önemlidir. Sonuç olarak örgüt politikaları sıkıntılı veya tartışmalı olduğunda, örgüt içerisinde yolsuzluklar ve kural ihlalleri gerçekleştiğinde emniyet tehlikeye girmektedir [10].

Politikalar ve kültür örgütsel iklimin en iyi göstergelerinden bazılarıdır. Politikalar; işe alma, işten çıkarma, terfi, emekli etme, hastalık izni, alkol, ilaçlar gibi konularda yönetimin kararlarını etkileyen resmi rehberlerdir. Diğer bir yandan kültür ise bir örgütün resmi olmayan ya da yazılı olmayan değerleri, kuralları, normları, inançları ve gelenekleridir. Kültür; işlerin usulüne uygun olarak (eskiden nasıl yapılıyorsa) yapılması şeklinde de tanımlanabilmektedir. Kamuya, emniyet politikalarına ne kadar bağlı olduklarını anlatan yöneticiler sahne arkasında bu politikaları görmezden gelebilmektedir. Ancak düzen ve uyum böyle bir karmaşa tarafından üretilemez. Bu gibi durumlarda emniyet tehlike altına girmektedir [9].

2.4.3. Örgütsel süreç

Resmi süreçler (operasyonel tempo, zaman baskısı, iş takvimleri), yöntemler (performans standartları, amaçlar, yöntemlerle ilgili talimatlar)

ve örgüt içerisindeki gözetim (örgütsel çalışma, risk yönetimi, emniyet programlarının uygulanması ve hazırlanması) konularını kapsamaktadır. Üst seviyelerdeki yönetim ve kararlardaki eksikliklerin her biri kokpit ekibinin performansını ve sistem emniyetini dolaylı yoldan olumsuz etkilemektedir [10].

Üst seviye yönetimin verdiği operasyonel tempoyu artırma kararı yöneticileri daha sıkışık iş takvimleri hazırlamaya itmektir. Bu da çalışanların yeteri kadar dinlenmemesine, yanlış eşleştirmelere ve ekibi riske atmaya sebep olmaktadır. Ancak örgüt bu gibi sıkışık durumlarda resmi yöntemlere sahip olmalı, olası riskleri gözetlemeli ve uygun emniyet programları uygulamalıdır. Ancak tüm örgütler çalışanlarının hatalarını veya insan faktörlerini raporlama sistemine ya da emniyet denetimlerine veya sorunları çözecek yöntemlere sahip değildir. Bu durumda yöneticiler de genellikle kaza olmadan önce bu problemlerin farkına varamamaktadır. Kazalar binlerce havacılık olayı arasından gerçekleşen bir tanesi olarak nitelendirilmektedir. Bir örgütün görevi felaketler gerçekleşmeden önce savunmadaki eksiklikleri bulmak ve onları gidermektir [9]. Örgütsel etki faktörlerinden bazıları Şekil 9'da gösterilmiştir.

Kaynak Yönetimi	Örgütsel İklim	Örgütsel Süreç
<ul style="list-style-type: none"> • İnsan kaynakları; eleme, atama, eğitim • Bütçe yönetimi; eksik fon desteği, aşırı kesintiler • Ekipman kaynak tahsisi; uygun olmayan ekipman alımı, yanlış tasarım 	<ul style="list-style-type: none"> • Yapı; emir komuta zinciri, oterite belirleme, iletişim, yapılan işler için hesap verilebilirlik. • Politika; işe alma ve işten çıkarma, terfi, ilaçlar ve alkol. • Kültür; kurallar ve normlar, değerler ve inançlar, oraganizasyonel adalet 	<ul style="list-style-type: none"> • Operasyonlar; iş temposu, zaman baskısı, ürün paylaşımı, teşvikler, değerlendirme, iş takvimi belirleme, eksik planlama • Yöntemler; standartlar, açıkça belirlenen amaçlar, dökümantasyon, talimatlar • Gözetim; risk yönetimi, güvenlik programları

Şekil 9. Örgütsel etki faktörleri [9]

3. Literatürde HFACS

HFACS literatürde en yaygın kullanılan insan hatası modellerinden biridir. HFACS ilk olarak askeri havacılıkta yapılan uygulamaları sonucunda ortaya atılmıştır. Daha sonra ticari uçak kazalarında

ve havacılığın diğer alanlarında da uygulamaları yapılmıştır. Aynı şekilde sadece havacılıkla sınırlı kalmayıp diğer endüstri alanlarında da birçok uygulaması mevcuttur. Aşağıda HFACS'in literatürde çeşitli kullanım alanları verilmiştir.

3.1. Havacılıkta HFACS uygulamaları

HFACS'in havacılık literatüründe çok çeşitli alanlarda uygulamaları mevcuttur. Bu alanlardan bazıları; ticari havacılık kazaları, genel havacılık kazaları, askeri havacılık kazaları, hava trafik kontrol kaynaklı kazalar, bakım kaynaklı kazalar ve helikopter kazalarıdır. Aşağıda HFACS'in bu alanlardaki uygulamalarına ait literatürden örnekler anlatılmıştır.

3.1.1. Ticari havacılık kazaları

Wiegmann ve Shappell (2001) yaptıkları çalışmada 1990-1996 yılları arasında meydana gelen ticari uçuş kazalarına HFACS'i uygulamış ve HFACS'in ticari uçuş kazalarına uygulanabilir ve güvenilir bir metot olduğunu kanıtlamışlardır. Sözü edilen çalışmada 119 adet ticari uçuş kazası incelenmiş ve 319 sebep faktörü tespit edilmiştir. Kaza verileri NTSB veri tabanından elde edilmiştir. Yine bu çalışmada HFACS'in kodlayıcılar arasındaki güvenilirliği de ölçülmüştür. Çalışma sonucunda en çok gözlemlenen emniyetsiz davranışlar; yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algılama hataları olarak sıralanmıştır [1]. Wiegmann ve Shappell katıldıkları bir konferansta sözü edilen çalışmayı sunmuş ve HFACS'in ticari uçuş kazalarına uygulanabilirliğini uluslararası alanda dile getirmişlerdir [2]. Wiegmann ve Shappell (2001) bu çalışmayı geliştirerek 119 kazayı incelemiş ve FAA bünyesinde rapor olarak yayınlamışlardır [10].

Shappell vd. (2006) yaptıkları çalışmada 1990-2002 yılları arasında meydana gelen 1000'den fazla ticari uçuş kazasına HFACS'i uygulamışlardır. FAA bünyesinde rapor olarak yayınlanan bu çalışmada HFACS güvenilirliği ve kodlayıcılar arası uyum gibi ölçümler de yapılmıştır. Ayrıca meydana gelen bu kazaları görerek uçuş koşulları ve aletli uçuş koşulları olmak üzere ayrı ayrı ele almışlardır. Bu çalışma sonucunda en sık görülen emniyetsiz davranışlar şu şekilde sıralanmıştır; yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algılama hataları [12]. Shappell vd. (2007) daha sonra sözü edilen çalışmanın revize edilmiş halini uluslararası alanda yayınlamışlardır [13].

Li, Harris ve Yu (2008) yaptıkları çalışmada 1999-2006 yılları arasında Çin Halk Cumhuriyeti'nde meydana gelen 41 sivil havacılık

kazasına HFACS'i uygulamışlardır. Çalışmanın sonucuna göre örgüt seviyesindeki eksikliklerin emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşulların oluşmasında önemli etkisi olduğunu gözlemlenmişlerdir. Yönetim düzeyinde meydana gelen eksikliklerle operasyon işleyişi arasında önemli derecede anlamlı ilişkiler tespit etmişlerdir. Üst seviyede alınan yanlış kararların yönetim seviyesini etkilediğini dolayısıyla kokpit ekibi üzerinde olumsuz psikolojik koşullar oluşturduğunu gözlemlenmişlerdir. Bu durumun pilotların performansını etkilediğini ve kazaya sebep olduğunu istatistiksel olarak kanıtlamışlardır [14].

Avustralya Taşımacılık Emniyeti Bürosu (Australian Transport Safety Bureau-ATSB) (2007) tarafından yapılan çalışmada Avustralya'da meydana gelen genel havacılık, ticari havacılık, tarım ve tarifersiz (karter) uçuş kazalarına HFACS uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) meydana gelen kazaların sonuçları ile kıyaslanmıştır. Karşılaştırma niteliği taşıyan bu çalışmada ayrıntılı HFACS analizleri ve yorumlar mevcuttur [7].

Ting ve Dai (2011) yaptıkları çalışmada 1978-2008 yılları arasında meydana gelen 545 kazaya HFACS'i uygulamışlar ve sonuç olarak kazaya sebep olan emniyetsiz davranışların HFACS'in üst seviyeleri (örgütsel etkiler, yönetim, olumsuz koşullar) tarafından etkilendiğini istatistiksel olarak kanıtlamışlardır. Ayrıca bu çalışmada HFACS'in kaza analizinde ve kazaya sebep olan bir hata yolu (error path) tanımlamada etkili ve kullanışlı bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Ting ve Dai bu çalışmada 545 kazada 1831 adet insan hatası tespit etmişlerdir. Emniyetsiz davranışları da görülme sıklığına göre şu şekilde sıralamışlardır; yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algı hataları [15].

3.1.2. Genel havacılık kazaları

Shappell ve Wiegman (2003) yaptıkları çalışmada 1990-1998 yılları arasında meydana gelen 16.500 adet kazayı beş tecrübeli pilota HFACS ile analiz ettirmişlerdir. Shappell ve Wiegman bu çalışmada kontrollü düz uçuşta araziye çarpma faktörünün genel havacılıkta görülme sıklığına vurgu yapmışlar ve analizlerini de bu doğrultuda gerçekleştirmişlerdir. HFACS analizini, kontrollü düz uçuşta araziye çarpma kazaları ve diğerleri olarak karşılaştırmalı bir şekilde

yürütmüşlerdir. Ayrıca kazanın gerçekleştiği görsel koşullara göre de ayrı ayrı analizler yapmışlardır. Analiz sonucunda genel havacılık kazalarında etkili emniyetsiz davranışın yetenek hataları olduğunu gözlemlemişlerdir. Emniyetsiz davranışlara zemin hazırlayan koşulların oranlarının, görsel koşullara bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşmışlardır [8].

Wiegmann vd. (2005) yaptıkları çalışmada genel havacılık kazalarına HFACS uygulamışlardır. Ayrıca analiz sonrası elde ettikleri bulgular, uzman görüşleri ve sorularıyla daha detaylı bir insan faktörü analiz çalışması ortaya koymuşlardır. Bu çalışma insan hatasının derinlerine inerek tam olarak ifade edilebilmesi için 10 adet kritik soru ve cevaptan oluşmaktadır. Sorulan soruların her biri insan hatasının nedenselliğine vurgu yapmakta ve verilen her bir cevap elde edilen analiz sonuçlarının araştırmacılar tarafından daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır [16].

Lenne, Ashby ve Fitzharris (2008) yaptıkları çalışma da genel havacılık kazalarının tüm havacılık kazalarının %70-80'ini oluşturduğu vurgulanmıştır. Bu kazalarda insan faktörünün %85 oranında katkısı bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada Avustralya'da meydana gelen kazalardaki insan faktörünün önemini ortaya koymak için 169 genel havacılık kazası HFACS'e göre analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre kokpit ekibinin personel hazırlığı, fiziksel ve zihinsel sınırlamalar ve kötü zihinsel durum gibi koşullarının etkisinde en çok yetenek ve karar hatası yaptığı saptanmıştır. Ekip kaynak yönetiminin de ihlaller ile istatistiksel olarak ilişkili olduğu saptanmıştır. Çalışmanın sonunda havacılık araştırmacıları tarafından kaza araştırmalarının sistem yaklaşımıyla yapılması ve eldeki verilerin diğer veri kaynaklarıyla kıyaslanmasının sonraki analizleri destekleyeceğini vurgulamışlardır [17].

3.1.3. Askeri havacılık kazaları

Shappell ve Wiegmann'ın (2004) yaptığı diğer bir çalışmada ise sivil ve askeri havacılık kazalarına HFACS uygulanmış ve Kuzey Amerika Bölgesi için bir kıyaslama yapılmıştır. Shappell ve Wiegmann bu çalışmada, HFACS'in yıllardır birçok alanda (askeri, sivil, genel havacılık vb.) uygulandığını ancak karşılaştırma niteliği taşıyan bir çalışmanın bu güne kadar yapılmadığını

vurgulamışlardır. Çalışmada Amerikan Deniz, Hava ve Kara Kuvvetlerinde meydana gelen kazalar ve sivil havacılık kazaları olmak üzere toplamda 16.000'den fazla kaza için karşılaştırma yapılmıştır. Sözü edilen çalışma farklı çalışmaların bulgularının tek bir çalışmada tekrar değerlendirilmesi (meta analiz) olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada emniyetsiz davranış olarak tüm alanlarda yetenek hatalarının ilk sırada yer aldığı daha sonra karar hataları, ihlaller ve algı hataları şeklinde sıralandığı vurgulanmıştır. Yine bu çalışmada belirtilen alanlardaki kaza eğilimleri arasındaki farklar ortaya koyulmuştur [18].

Li ve Harris'in (2005) yaptıkları çalışmada HFACS'in kaza araştırmaları için ne derece güvenilir olduğunu ölçmüşlerdir. Bu çalışmada kodlayıcılar arası güveni de ölçerek HFACS'in askeri havacılık kazalarının analizi için kullanışlı ve güvenilir bir araç olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca 523 kaza verisinin analiz edildiği bu çalışmada, Çin ve ABD askeri havacılık kazalarının sebepleri arasında bir kıyaslama yapılmıştır [19].

Li ve Harris (2006) yaptıkları diğer bir çalışmada Çin Hava Kuvvetleri'nde 1978-2002 yılları arasında meydana gelen 523 kazaya HFACS'i uygulamışlar ve operasyonda meydana gelen hataların örgüt seviyesinde meydana gelen eksiklikler ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak yapılan bu çalışmanın Reason'un gizli ve görünen hatalar fikrini desteklediğini ve HFACS'in kazaları araştırmada ve kaza önleme stratejileri geliştirmede kullanışlı ve önemli bir araç olduğunu vurgulamışlardır [20].

Li ve Harris (2006) yukarıda sözü edilen çalışmaya benzer bir çalışmayı uluslararası alanda duyurmuş ve bir konferansta sunmuşlardır. Yapılan bu çalışmada da benzer bulgulara ulaşmışlardır. Emniyetsiz davranışların gözlenme sıklığına göre; yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algılama hataları şeklinde sıralandığını belirtmişlerdir [21].

Olsen ve Shorrock (2009) tarafından yapılan çalışmada Avustralya Savunma Kuvvetleri tarafından revize edilen HFACS'i, Avustralya'da meydana gelen havacılık olayları üzerindeki güvenilirliğini test etmişlerdir. Bu çalışmada aynı olay raporlarını farklı uzmanlara kodlama yaptırarak kodlayıcılar arası güveni ölçmüşlerdir. Ayrıca aynı kodlayıcılardan birkaç ay sonra aynı

olay raporunu kodlamalarını istemişler ve aynı birey üzerinde kodlama güven düzeyini ölçmüşlerdir [22].

O' Connor ve Walker (2011) tarafından yapılan çalışmada 204 adet askeri öğrenci 30'arlı gruplara ayrılmış ve iki olay raporunu Amerikan Savunma Bakanlığının yayınladığı HFACS verisyonuna göre analiz etmeleri istenmiştir. Çalışma sonunda kodlayıcılar arası uyuma bakılmış ve yaklaşık %57 oranında uyum tespit edilmiştir. O'Connor ve Walker bu uyumu iyi derece olarak nitelmiştir [23].

3.1.4. Helikopter kazaları ve bakım hataları

Thaden, Gibbons ve Suzuki (2007) yaptıkları çalışmada o güne kadar bakım konusundaki HFACS uygulamalarını değerlendirmiş ve insan faktörlerinin birbirleriyle olan ilişkilerini istatistiksel olarak ölçmüşlerdir. HFACS'in sebep faktörlerinin birbirleriyle olan ilişkilerini istatistiksel olarak görselleştiren çalışmada o güne kadar yapılan birçok çalışma ele alınmış ve incelenmiştir. Sözü edilen çalışma literatür ve uygulama olarak kapsamlı bir çalışmadır [24].

Rashid (2010) yaptığı çalışmada 804 adet bakım kaynaklı helikopter kazasını incelemiş ve bunlardan 58 adet ölümlü kaza ve olaya HFACS'i uygulamıştır. Rashid bu raporlara Amerika, Avustralya, Yeni Zelanda, Kanada ve İngiltere havacılık otoritelerinden ulaşmıştır. Emniyetsiz olaya sebep olan helikopter sistemlerinin analizinin yanı sıra emniyetsizliğe sebep olan bakım faktörlerini tespit ederek oranlarını görselleştirmiş ve insan hatalarının detaylı analizleri yapmıştır [25].

Rashid, Place ve Braithwaite (2010) yukarıda sözü edilen çalışmanın benzer bir şeklini uluslararası bir dergide yayınlamıştır. Sözü edilen bu çalışmada yine 58 helikopter kazasına HFACS uygulanmış ve detaylı insan faktörü analizi yapılmıştır. Ayrıca helikopterlerde karşılaşılan ana ve alt sistemlerdeki arızalara ve bakım hatalarına vurgu yapılmıştır. Çalışma sonucunda yönetimlerin bakım konusunda yaptığı hata ve ihlaller oransal olarak ortaya koyulmuştur [26].

Liu, Chi ve Li (2010) yaptıkları çalışmada 1970-2010 yılları arasında Taiwan'da meydana gelen 83 adet sivil ve askeri helikopter kazasını HFACS ile analiz etmişlerdir. Bu çalışmada örgüt seviyesinde meydana gelen hataların kokpit ekibini etkilediği

istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Ayrıca hata yolları betimlenerek organizasyon operasyon arasındaki ilişki görselleştirilmiştir [27].

3.1.5. Hava trafik kontrol kaynaklı kazalar

Shappell ve Wiegmann (2001) yaptıkları çalışmada o güne kadar hava trafik kontrolörlerinin kazalara olan etkisinin tam olarak araştırılmadığını ve bu boşluğu doldurmak adına hava trafik kontrol kaynaklı kazaların analizi için yeni bir kaza araştırma modeline ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır. HFACS'in hava trafik kontrol için güncellenen biçimini 1985-1997 yılları arasında meydana gelen hava trafik kontrol kaynaklı kazalara uygulamışlardır. Sonuç olarak yetenek temelli hataların (dikkat ve hafıza eksiklikleri) en sık görülen hata türü olduğunu vurgulamışlardır. Hava trafik kontrol kaynaklı kazalarda yönetim ve örgüt etkisinin (eğitim sağlamak, gözetim, yöntemler vb.) oranı çok düşük çıksa da bunu kaza raporlarının gizli hataları rapor etmedeki eksikliklerine bağlamışlardır [28].

Broach ve Dollar (2002) yaptıkları çalışmada hava trafiğinin kontrolünde meydana gelecek operasyonel bir hatanın uçakları birbirinden ve engellerden yatayda ve dikeyde emniyetli bir şekilde ayırmada başarısızlığa dolayısıyla da kazaya sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca o güne kadar yapılan çalışmalarda uzmanların, hava trafik kontrolünde meydana gelen hataları bulmada ve incelemede sadece bireysel ve durumsal bir araştırma içinde olduklarını vurgulamışlardır. Broach ve Dollar bu çalışmada 21 hava trafik kontrol merkezinden aldıkları ve 1997-2000 yılları arasında düz uçuş safhasında meydana gelen operasyonel hata verilerine HFACS'i uygulayarak hava trafik kontrol operasyonlarında meydana gelen hataların yönetim seviyesinde yapılan hata ve ihlaller ile ilişkisini istatistiksel olarak ortaya koymuşlardır [29].

Scarborough vd. (2005) uçak kazalarındaki insan faktörlerini analiz etmeye yönelik onlarca model ve çalışma olmasına rağmen hava trafiğinin kontrolündeki insan faktörlerinin kök sebeplerini anlamaya yönelik yapılan çalışmaların yetersiz olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmada hava trafik kontrolörleri için operasyonel hata kavramı, uçaklar arasındaki minimum ayırmaların sağlanamaması olarak nitelendirilmiştir. Çalışma üç

aşama şeklinde yürütülmüştür. İlk aşamada çalışmada kullanılmaya aday kaza modelleri tanıtılmıştır. Daha sonra hava trafik kontrol için en verimli ve uygun model birçok uzman tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu seçilmiştir. Son olarak ise seçilen HFACS modeli 5.011 adet hava trafik kontrol kaynaklı kazaya uygulanmıştır. Sonuç olarak kazalara en çok sebep olan hava trafik kontrolör kaynaklı operasyonel hataların; karar ve yetenek hataları olduğu vurgulanmıştır [30].

3.1.6. İnsansız hava aracı kazaları

Yeşilbaş ve Cotter (2014) yaptıkları çalışmada HFACS'i 2000-2013 yılları arasında meydana gelen toplamda 347 adet askeri hava aracı kazası ve insansız hava aracı kazası ve raporlarına uygulamışlardır. Çalışmanın amacı HFACS yönteminin insansız hava aracı kazaları ve hava aracı kazalarına uygulanabilirliği açısından değerlendirmek ve HFACS analizi sonucu ortaya çıkan hata yolları arasındaki benzerliği ortaya koymaktır. Ayrıca çalışmada HFACS'in insansız hava araçlarına uygulanmasıyla alakalı geniş bir literatür taramasına da yer verilmiştir [31].

3.2. HFACS'in Havacılık Harici Uygulamaları

Havacılığın yanı sıra, emniyet konusunun önem arz ettiği çeşitli alanlarda HFACS'in uygulamaları mevcuttur. Bu alanlardan bazıları; demir yolu kazaları, denizcilik kazaları, sağlık ve medikal alanlarındaki olaylar, madencilik kazaları vb. alanlardır. Aşağıda HFACS'in literatürde çeşitli alanlardaki uygulamalarından örnekler anlatılmıştır.

3.2.1. Demir yolu kazaları

Reinach ve Viale (2005) HFACS'i demir yolu kazalarını inceleyebilmek için güncellemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada uzaktan kontrol yapılan operasyonlara ait 6 kaza raporu incelenmiş ve sonuç olarak 36 adet operasyonel hata tespit edilmiştir. Bir kazanın birden fazla sebebi olduğuna ve kazaların hepsinde görünen ve gizli hataların bulunduğu vurgu yapılmıştır. Bununla birlikte HFACS'in demir yolu kazalarına uyarlanan bu biçiminin daha kullanışlı ve verimli bir kaza araştırma ve analiz aracı olması için yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu da vurgulanmıştır [32].

Zhan, Zheng ve Zhao (2017) çalışmalarında insan faktörünün demir yolu kazalarındaki önemine değinmişlerdir. Ayrıca HFACS'in demir yolu kazaları için güncellenen biçimini çeşitli istatistiksel metodlarla birlikte kullanarak demir yolu kazalarındaki örgütsel etkileri araştırmışlardır. Sonuç olarak HFACS'in demir yolu kazaları için güncellenen biçiminin hem kazalara hem de olaylara uygulanabilir olduğunu vurgulamışlardır [33].

Baysarı vd. (2008) yaptıkları çalışmada demir yolu kaza ve olaylarında insan hatalarının detaylı analizinin kazaları önleme ve azaltmadaki önemine dikkat çekmişlerdir. Avustralya'da meydana gelen 19 adet kaza raporuna HFACS ile birlikte başka bir modeli daha uygulayarak insan faktörü analizi yapmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına göre demir yolu kazalarında en sık görülen emniyetsiz davranış yetenek hataları olmuştur. Bu çalışmada ayrıca kodlayıcılar arası güven analizi de yapılmıştır [34].

Baysarı, McIntosh ve Willson (2008) yaptıkları çalışmada Avustralya'da meydana gelen 40 adet demir yolu kaza raporuna HFACS'in demir yolu kazaları için güncellenen biçimini uygulamışlardır. HFACS'in tüm sınıflarının demir yolu kaza ve olaylarının sebeplerini ortaya koyma ve analiz etmede kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir. Kazaların neredeyse yarısının donanım hatasından meydana geldiğini ve bu durumun çoğunlukla bakım ve gözetim eksikliğinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Geriye kalan kazalarda ise fiziksel yorgunluk ve farkındalığın azalması sonucu ortaya çıkan dikkat hataları (yetenek hatası) ilk sırada yer almıştır. Yetersiz donanım tasarımının genellikle örgütsel bir faktör olarak nitelendirildiğini ve dikkat hatalarına neden olan muhtemel örgüt etkisinin bu faktör olduğunu vurgulamışlardır. Neredeyse tüm kazaların örgüt seviyesinde yapılan hatalar ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca örgütsel süreç, örgütsel iklim ve kaynak yönetimi gibi konularda geliştirmeye gidilerek Avustralya'da meydana gelecek olan demir yolu kazalarının önüne geçilebileceğini ya da sayısının azaltılabileceği belirtmişlerdir [35].

3.2.2. Denizcilik kazaları

Hinrichs, Baldauf ve Ghirxi (2011) çalışmalarında denizcilik alanında makine

yangınları ve patlamalara ait 41 adet kaza raporunu HFACS'e göre incelemişlerdir. Çalışmanın amacını denizcilik kazalarındaki örgütsel etkileri ortaya koymak olarak belirlemişlerdir. Çalışmada kullanılan bu model HFACS'in denizcilik için güncellenmiş biçimidir. Çalışma sonunda denizcilik alanında meydana gelen kazalarda örgüt faktörünün etkisinin beklendiği kadar yüksek çıkmadığına vurgu yapılmıştır [36].

Akyüz ve Çelik (2014) yaptıkları çalışmada kaza araştırmalarının denizcilikte emniyetin ve çevresel farkındalığın artması adına bir dönüm noktası olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada operasyonel hataları göz önüne alarak HFACS'in denizcilik için tasarlanan biçimini farklı bir metotla birleştirerek kullanmışlardır. Olaylara ve kazalara bu modeli uygulayarak kazalardaki insan faktörünü analiz etmişlerdir. Vaka çalışması olarak ise bir cankurtaran tatbikatını incelemişlerdir. Sonuç olarak bu çalışmanın denizcilik kazalarındaki insan faktörünün rolünü ortaya koyduğunu ve kazaları azaltmaya katkı sağlayacağını vurgulamışlardır [37].

Çelik ve Çebi (2009) denizcilik alanında teknolojinin hızlı gelişmesi ve artan emniyet düzenlemelerine rağmen denizcilik kazalarının hala küresel sektör için en önemli problem olduğunu belirtmişlerdir. Kaza raporlarının düzenli ve istikrarlı bir şekilde tutulmasının kazaların kök sebeplerinin iyi tanımlanması adına önemli bir amaç olduğunu vurgulamışlardır. Denizcilik alanında meydana gelen kazalarda insanın rolünü ortaya koymak adına HFACS'i farklı bir metotla birlikte denizcilik kazalarına uygulamışlardır. Sonuç olarak yetenek hatalarının en sık görülen emniyetsiz davranış olduğunu tespit etmişlerdir [38].

Bilbro (2013) yaptığı çalışmada insan hatasının son on yılda neredeyse tüm denizcilik kazalarında tespit edildiğini vurgulamıştır. Amerikan Savunma Bakanlığı'nın son yıllarda insan hatasını tespit etmede HFACS'i kullandığını belirtmiştir. HFACS ve HFACS'in denizcilik kazaları için geliştirilen biçimini kıyaslamış ve bu iki model için de kodlayıcılar arası güven testi yapmıştır. Sonuç olarak HFACS'in denizcilik kazaları için geliştirilen biçiminin gerçekten daha verimli ve kullanışlı olduğunu tespit etmiştir [39].

3.2.3. Diğer sektörlerde HFACS uygulamaları

HFACS'in, demir yolu ve denizcilik kazalarının yanı sıra sağlık, madencilik vb. birçok alanda uygulamaları mevcuttur. Ayrıca HFACS'nin kodlayıcılar arası güveni ölçmek için yapılmış ve karşılaştırma niteliği taşıyan çeşitli uygulamaları mevcuttur. Aşağıda bu uygulamalara ait literatürden örnekler verilmiştir.

Harris ve Li (2011) yaptıkları çalışmada HFACS'in insan hatasını bulmada en çok kullanılan model olduğunu vurgulamışlardır. Ancak HFACS kodlamalarının bir analiz değil, yeniden sınıflandırma olarak nitelendirilebileceğini belirtmişlerdir. HFACS modelinin sınırlılıklarını vurgulamış ve çeşitli eleştiriler getirmişlerdir. Bu çalışmada HFACS başka bir metotla birleştirilerek bir kazanın analizi yapılmıştır. Bu yeni sistemin, bir kurumda meydana gelen örgütsel hatanın diğer seviyeleri nasıl etkilediğini ortaya çıkarmada daha kullanışlı olduğu belirtilmiştir. Bunun da ulaşım sistemleri gibi açık sistemlerde kazaları anlamada temel nokta olduğu vurgulanmıştır [40].

Cintron (2015) çalışmasında bireyin performansının kazalara ve felakete yol açabileceğini vurgulamıştır. Biyomedikal alanında insan hatasını tespit etmek ve kazaların kök sebeplerini bulmak için yapılan çalışmaların sayısının havacılık ve nükleer güç alanlarına göre oldukça düşük ve yetersiz olduğunu belirtmiştir. Sözü edilen çalışmada HFACS'in biyomedikal alanında uygulanabilir olup olmadığını ölçmek için birçok uzman tarafından 161 adet olaya HFACS uygulanmıştır. Ayrıca kodlayıcılar arası güven testi edilmiştir. Sonuç olarak HFACS modelinin biyomedikal alanında meydana gelen kazaları analiz etmek ve bu alanda insan hatası kaynaklı kaza ve olayları önlemek için kullanışlı olduğu vurgulanmıştır [41].

Diller vd. (2014) yaptıkları çalışmada 1999 yılından itibaren hasta emniyetini artıracak çalışmalar olmasına rağmen yine de hataların önlenmesi konusunda kaydedilen ilerlemelerin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir. Birçok hastanenin kök analizi yaptığını ancak bu analizlerin yanlışlığını 4 aşama olarak şu şekilde belirtmişlerdir.

- Örgütlerin kullandığı kök analizleri standardize edilmemiş ve güvenilir değildirlir.
- Hastaneler hatanın “neden” olduğu sorusuna değil kimin ne yaptığına odaklanmaktadır.
- Tespit edilen sebepler belirgin değil ve etkili önlemlerin alınmasına katkı sağlamamaktadır.
- Örgüt içinde tekrar eden hatalar için standartlaştırılmış bir terminoloji kullanılmamaktadır.

Yaptıkları çalışmada HFACS’i sağlık alanına uyarlayarak yukarıdaki dört eksikliği çözeceklerini vurgulamışlardır. 105 adet olaya HFACS’i 2 yıl gibi bir sürede uygulamışlardır. Sonuç olarak karar hataları en sık görülen emniyetsiz davranışlar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ekip arasındaki koordinasyon ve iletişimdeki eksikliklerin oranının çok yüksek olduğu tespit edilmiştir [42].

Ergai (2013) çalışmasında HFACS’in sadece bireye odaklanmayıp sebep faktörlerini de analiz ettiğini, dolayısıyla günümüzdeki en kapsamlı insan faktörü analiz modeli olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada çeşitli sektörlerden alınan kaza raporlarına 125 kodlayıcı tarafından HFACS uygulanmış ve toplamda 95 sebep faktörü ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak HFACS’in kodlayıcılar arası uyum testinden düşük düzeyden kabul edilebilir seviyelere kadar farklı sonuçlar elde edildiğini vurgulamıştır. Kodlamalar sonucu en düşük uyumun gözlemlendiği faktörlerden ilk beş tanesini şu şekilde sıralamıştır; yetenek hataları, karar hataları, yetersiz yönetim, planlanmış uygun olmayan operasyonlar ve yönetsel ihlaller. Tüm bunlara rağmen HFACS kodlamalarının makul seviyede güvenilir olduğu sonucuna varmıştır [43].

Patterson ve Shappell (2010) çalışmalarında madenciliğin emniyet açısından en riskli endüstri olduğunu vurgulamışlardır. Ancak son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve uygulanan emniyet tedbirleriyle birlikte kaza ve olayların sayısında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bu azalışın devam etmesi için kaza ve olaylardaki insan hatasının rolünü anlamak gerektiğini belirtmişlerdir. Kaza ve olaylardaki insan faktörlerinin eğilimini tespit etmek ve bu faktörleri tanımlayabilmek için HFACS’in madencilik alanına göre yeniden

düzenlenen biçimini, Queensland Eyaleti’nde meydana gelen 508 madencilik kazasına uygulamışlardır. Sonuç olarak madenin tipine bakılmaksızın en sık rastlanan emniyetsiz davranışların yetenek hataları olduğunu belirtmişlerdir. Karar hatalarının madenin tipine göre değişiklik gösterdiğini vurgulamışlardır. Yapılan bu analiz ve sonuçların madencilik kazalarını düşürmek için önemli ve gerekli olduğunu ifade etmişlerdir [44].

4. Sonuç

HFACS’in literatürde yaygın kullanımı ile ilgili yapılan geniş kapsamlı tarama sonucu uygulama alanları genel olarak belirtilecek olursa; ticari havayolu kazaları, genel havacılık kazaları, askeri havacılık kazaları, demir yolu kazaları, bakım kaynaklı kazalar, denizcilik, madencilik, sağlık gibi alanlardır. Burada görüldüğü gibi HFACS’in havacılık uygulamalarında genellikle kazalardan bahsedilmektedir. Bu reaktif (sonuç odaklı) bir yaklaşımdır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) emniyet yönetim sistemini; reaktif bir yaklaşım yerine proaktif (ön eylemci) ve tahmine dayalı bir yaklaşımla, tehlikelerin sonuçlarının emniyet riski oluşturarak kazaya neden olmalarından önce emniyet risklerini tanımlamanın, analiz etmenin, azaltmanın ve kontrol altına almanın yollarını sürekli olarak değerlendiren bir faaliyet olarak tanımlamaktadır [45]. Bu tanımdan da anlaşıldığı gibi emniyet araştırmalarında proaktif ve tahminci bir yaklaşım ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Reason’un modelinin en büyük eksikliği kaza sonrası uygulanabilirliğidir. Reason’un modelinin geliştirilmiş biçimi olan HFACS’i kazalara değil havacılık olaylarına uygulayarak hem proaktif bir emniyet yaklaşımı sergilenmiş olur hem de bu eksiklik üstünlüğe çevrilebilir. HFACS’in havacılık olaylarına uygulandığı bir çalışma emniyet yaklaşımları açısından daha yenilikçi olacaktır.

Ayrıca yukarıda bahsedilen havacılık uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 20. yüzyıldaki kazaların analizlerini içermektedir. Ancak 2000-2015 yılları arasında toplam ticari hava trafiği sayısının 2 katına çıkması ve bu yıllarda teknolojik açıdan son derece gelişmiş olan üçüncü ve dördüncü nesil uçakların kullanılmasıyla kazalardaki mekanik hataların payının önemli

ölçüde düşmesi, 2000 yılından sonra yaşanan ticari uçuş kazalarında insan faktörlerine odaklanmanın önemini artırmıştır [46]. Dolayısıyla HFACS'i kullanarak bir kaza/olay analizi gerçekleştirilmek isteniyorsa 21. yüzyıla odaklanmak araştırmacıların daha gerçekçi sonuçlar elde etmelerini sağlayacaktır.

Yukarıdaki durumlar gözetilerek literatürde HFACS'in gerçekçi ve ön eylemci bir yaklaşımla uygulandığı bir çalışmada Dönmez (2018) 2000-2016 yılları arasında meydana gelen havacılık olaylarını incelemiş ve incelediği 324 havacılık olayı arasından 74 adet kokpit ekibi kaynaklı olaya HFACS modelini uygulamıştır. Proaktif bir yaklaşım sergilenen bu çalışmada en sık gözlenen emniyetsiz davranışlar; yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algılama hataları şeklinde sıralanmıştır. Bununla birlikte sözü edilen bu çalışmada havacılık olaylarının yarısından fazlasında gözlenen CRM faktörü havacılık olaylarının önüne geçebilmek adına anahtar faktör olarak nitelendirilmiştir [47]. HFACS'in havacılık uygulamalarında emniyetsiz davranışların oransal sıralaması genellikle sözü edilen çalışma ile benzerlik göstermiştir. Emniyetsiz davranışların oranlarının genel olarak yetenek hataları, karar hataları, ihlaller ve algılama hataları olarak sıralandığı gözlenmiştir.

HFACS modeli literatürde en yaygın kullanılan model olmasına rağmen yukarıda bahsedildiği gibi bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Ancak yukarıdaki önerilerle birlikte uygulandığında kaza araştırmacılarının daha verimli ve güvenilir araştırmalar yapmalarına imkân verecektir. HFACS'in havacılık olaylarına uygulandığı çalışma sayısı oldukça azdır. HFACS'i kullanarak ileride meydana gelebilecek kazalar önlenmek isteniyorsa 21. yüzyıl gibi yakın tarihli havacılık olaylarının analiz edildiği daha çok çalışma yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar bir sonraki kaza veya havacılık olayının önlenmesi adına atılan ilk adımlar olacaktır.

Kaynakça

[1] D. Wiegmann and S. Shappell, "Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents; Application of The Human Factor Analysis

And Classification System", Aviation, Space and Environmental Medicine, 72 (11), 2001.

- [2] D. Wiegmann and S. Shappell, "Applying The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) to the Analysis of Commercial Aviation Accident Data", 11th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH, 2001.
- [3] T. Griffin, M. Young and N. Stanton, "Human Factors Models For Aviation Accident Analysis and Prevention", England: Ashgate Publishing Limited, 2015.
- [4] K. Dönmez, "Türk Hava Sahasında Meydana Gelen Ölümcül Uçak Kazalarına İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sisteminin (HFACS) Uygulanması", The Journal Of Academic Social Science Studies, 6 (59), 229-253, 2017.
- [5] J. Reason, "Human error: Models and management", British Medical Journal, 172, 393-396, 2000.
- [6] J. Reason, "Managing the Risks of Organizational Accidents", Farnham: Ashgate, 1997.
- [7] ATSB (Australian Transport Safety Bureau), "Human factors analysis of Australian aviation accidents and comparison with the United States", Australia: Australian Transport Safety Bureau, 2007.
- [8] S. Shappell and D. Wiegmann, "A Human Error Analysis of General Aviation Controlled Flight Into Terrain Accidents Occurring Between 1990-1998", Virginia: FAA - Federal Aviation Administration, 2003.
- [9] S. Shappell and D. Wiegmann, "The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS", Washington: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2000.
- [10] D. Wiegman, and S. Shappell, "A Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)", Oklahoma City: Federal Aviation Administration, 2001.
- [11] B. Villela, "Applying Human Factors Analysis and Classification System to Aviation Incidents in The Brazilian Navy", Florida: Embry-Riddle Aeronautical University, 2011.

- [12] S. Shappell, C. Detwiler, K. Holcomb, C. Hackworth, A. Boquet, D. Wiegmann, "Human Error and Commercial Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using HFACS", Washington DC: Federal Aviation Administration, 2006.
- [13] S. Shappell, C. Detwiler, K. Holcomb, C. Hackworth, A. Boquet, D. Wiegmann, "Human Error and Commercial Aviation Accidents: An Analysis Using the Human Factors Analysis and Classification System", *Human Factors*, 227-242, 2007.
- [14] W. Li, D. Harris and C. Yu, "Routes to failure: Analysis of 41 civil aviation accidents from the Republic of China using the human factors analysis and classification system", *Accident Analysis and Prevention*, (40), 426-434, 2008.
- [15] L. Ting and D. Dai, "The Identification of Human Errors Leading to Accidents for improving Aviation Safety", 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Washington DC. pp.38, 2011.
- [16] D. Wiegmann, T. Faaborg, A. Boquet, C. Detwiler, K. Holcomb, S. Shappell, "Human Error and General Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using HFACS", Oklahoma City: Federal Aviation Administration, 2005.
- [17] M. Lenné, K. Ashby, and M. Fitzharris, "Analysis of General Aviation Crashes in Australia Using the Human Factors Analysis and Classification System", *The International Journal of Aviation Psychology*, 340-352, 2008.
- [18] S. Shappell and D. Wiegmann, "HFACS Analysis of Military and Civilian Aviation Accidents: A North American Comparison", Texas: International Society of Air Safety Investigators, 2004.
- [19] W. Li and D. Harris, "HFACS Analysis of ROC Air Force Aviation Accidents: Reliability Analysis and Cross-cultural Comparison", *International Journal of Applied Aviation Studies*, 5 (1), 65-81, 2005.
- [20] W. Li and D. Harris, "Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents", *Aviation Space and Environmental Medicine*, 77 (10), 1056-1061, 2006.
- [21] W. Li and D. Harris, "Breaking the Chain: An Empirical Analysis of Accident Causal Factors by Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)", ISASI 2006 Annual Air Safety Seminar, Mexico, 2006.
- [22] N. Olsen and S. Shorrock, "Evaluation of the HFACS-ADF safety classification system: Inter-coder consensus and intra-coder consistency", *Accident Analysis and Prevention*, (42), 437-444, 2009.
- [23] P. O Connor and P. Walker, "Evaluation of a human factors analysis and classification system as used by simulated mishap boards". *Aviation, Space and Environmental Medicine*, (81), 44-48, 2011.
- [24] T. Thaden, A. Gibbons, and T. Suzuki, "14 CFR Part 121 Air Carriers Maintenance Operations Casual Model: Human Error BBN Definitions and Integration", Illinois: Federal Aviation Administration, 2007.
- [25] J. Rashid, "Human Factors Effects in Helicopter Maintenance: Proactive Monitoring and Controlling Techniques", Cranfield: Cranfield University, 2010.
- [26] J. Rashid, C. Place and G. Braithwaite, "Helicopter maintenance error analysis: Beyond the third order of the HFACS-ME", *International Journal of Industrial Ergonomics*, (40), 636-647, 2010.
- [27] S. Liu, C. Chi and W. Li, "The Application of Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) to Investigate Human Errors in Helicopter Accidents", *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics*, Taipei, 85-94, 2013.
- [28] S. Shappell and D. Wiegmann, "Air Traffic Control (Atc) Related Accidents And Incidents: A Human Factors Analysis", *International Symposium on Aviation Psychology*, Columbus, OH, 2001.
- [29] D. Broach and C. Dollar, "Relationship of Employee Attitudes and Supervisor-Controller Ratio to En Route Operational Error Rates". Oklahoma City: Federal Aviation Administration, 2002.

- [30] A. Scarborough, L. Bailey and J. Pounds, “Examining ATC Operational Errors Using the Human Factors Analysis and Classification System”, Federal Aviation Administration, Oklahoma, 2005.
- [31] V. Yesilbas and T. Cotter, “Structural Analysis of HFACS in Unmanned And Manned Air Vehicles”, Proceedings of the American Society for Engineering Management 2014 International Annual Conference, 2014.
- [32] S. Reinach and A. Viale, “Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations”. *Accident Analysis and Prevention*, (38), 396–406, 2006.
- [33] Q. Zhan, W. Zheng, and B. Zhao, “A hybrid human and organizational analysis method for railway accidents based on HFACS-Railway Accidents (HFACS-RAs)”, *Safety Science*, (91), 232-250, 2017.
- [34] M. Baysari, C. Caponecchia, A. McIntosh, J. Wilson, “Classification of errors contributing to rail incidents and accidents: A comparison of two human error identification techniques”, *Safety Science*, (47), 948-957, 2009.
- [35] M. Baysari, A. McIntosh and J. Wilson, “Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia”, *Accident Analysis and Prevention*, (40), 1750-1757, 2008.
- [36] J. Hinrichs, M. Baldauf, and K. Ghirxi, “Accident investigation reporting deficiencies related to organizational factors in machinery space fires and explosions” *Accident Analysis and Prevention*, (43), 1187-1196, 2011.
- [37] E. Akyüz and M. Çelik, “Utilisation of cognitive map in modelling human error in marine accident analysis and prevention”, *Safety Science*, (70),19-28. 2014.
- [38] M. Celik, and S. Çebi, “Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents”, *Accident Analysis and Prevention*, (41), 66-75. 2009.
- [39] J. Bilbro, “An Inter-Rater Comparison Of Dod Human Factors Analysis And Classification System (HFACS) And Human Factors Analysis And Classification System-Maritime (HFACS-M)”, California: Naval Postgraduate School, 2013.
- [40] D. Harris and W. Li, “An extension of the Human Factors Analysis and Classification System for use in open systems”, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 108-128, 2011.
- [41] R. Cintron, “Human Factors Analysis and Classification System Interrater Reliability for Biopharmaceutical Manufacturing Investigations”, Washington: Walden University, 2015.
- [42] T. Diller, G. Helmrich, S. Dunning, S. Cox, A. Buchanan and S. Shappell, “The Human Factors Analysis Classification System (HFACS) Applied to Health Care”, *American Journal of Medical Quality*, 29(3), 181-190, 2014.
- [43] A. Ergai, “Assessment of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): Intra-rater and Inter-rater Reliability”, South Carolina: TigerPrints, 2013.
- [44] J. Patterson and S. Shappell, “Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS”, *Accident Analysis and Prevention*, (42), 1379–1385, 2010.
- [45] SHGM (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü), “Emniyet Yönetim Sistemi Temel Esaslar”, Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları, 2012.
- [46] Airbus, “A Statistical Analysis of Commercial Aviation Accidents 1958-2016”. France: Airbus S.A.S, (2017).
- [47] K. Dönmez, “21. Yüzyıl Havacılık Olaylarında Operasyon Organizasyon İlişkisi: İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi Uygulaması”, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir, 2018.



Received : 18.09.2018 & Accepted : 06.12.2018 & Published (online) : 23.12.2018

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) According to Engine Type

Sezer ÇOBAN^{1*}, Tuğrul OKTAY²

¹ College of Aviation, Iskenderun Technical University, Iskenderun, Turkey

² Department of Aeronautical Engineering, Erciyes University, Kayseri, Turkey

Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) can be classified according to their civilian and military use and performance characteristics such as weight, distance to air, wing load, range and speed. In this study, the types of engine used in unmanned aerial vehicles and the advantages, disadvantages and differences between these types of engines are mentioned. Unmanned Aerial Vehicles(UAV) are used in many different tasks and need different engine types depending on the area they are used to perform these tasks. Two-stroke, Turbofan, Turboprop, Piston engine, Electric and Propeller types are different types of engines used in Unmanned Aerial Vehicles(UAV). Piston engines and electric engines are the most commonly used types. Unmanned Aerial Vehicles(UAV) also vary in engine size and type, as well as aircraft sizes and weights, as in humans. Electric engines are generally used in light and small models, while piston engines are used in heavy and large models.

Keywords: Unmanned aerial vehicles (UAVs) , Engine.

1. Introduction

They are, in their simplest terms, vehicles that can be manipulated by remote control, autonomously directing themselves or both, loading and unloading their useful cargo into their main body, and landing at the end of the mission. In other words, these tools are also called "drone". In recent years, "Unmanned Aerial Vehicle Systems" have just started to be used for these new unmanned vehicles, mostly known as "unmanned aerial vehicles" in the development process. The reason is that the unmanned aerial vehicle implies only the aircraft platform and cannot

meet the entire system that is flying it. But both countries and institutions seem to use different terminologies for air vehicles. For example, while Israel's official open sources are often referred to simply as "unmanned aerial vehicles", British and European Union official open sources seem to use the concept of "Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)", a sub-component of unmanned aerial vehicles. Despite this, the notion of "unmanned aerial vehicle system", which is used both by the sector representatives and by the country as the most

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dr. Sezer ÇOBAN
sezer.coban@iste.edu.tr

Alıntı/Citation : Çoban S., Oktay T. (2018) Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) According to Engine Type Journal of Aviation, 2 (2), 10-. DOI: 10.30518/jav.461116

accepted concept in the literature, stands out because it expresses the whole of the system. With the revolution in the military technology that lived in the 90s, the unmanned aerial vehicles that can be operated in any weather condition for a longer time, much more remotely controlled, have come to the point where intelligence, exploration and surveillance tasks are indispensable. From the beginning of the 2000's, the use of the armed versions started. The work of the world public to recognize and perceive these systems has also been influenced by the effects of armed versions. The unmanned aerial vehicle system has a complex structure and can perform its function by integrating various elements. In other words, it is a system that requires coordinated and coordinated operation of multiple components as shown in Figure 1. Unlike the flying of human systems, it is a system that brings together the sub-elements and works in a synchronized manner [1].

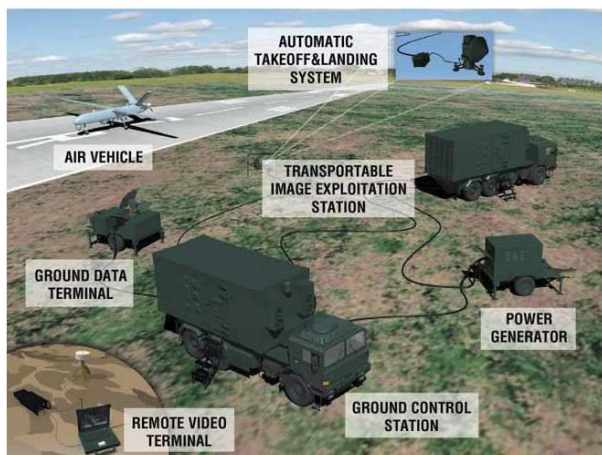


Figure 1. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Components [2]

2. Classification of Unmanned Aircraft System

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) can be classified according to their civilian and military use and performance characteristics such as weight, distance to air, wing load, range and speed. UAVs can be classified according to their performance characteristics such as weight, wing load, endurance, range, wing span, maximum height and speed at which they can take off. Classifying UAVs according to their performance characteristics is useful for UAV designers, manufacturers and customers to meet their needs.

2.1. Classification by weight

UAVs have a wide range of micro UAVs weighing several kilograms in weight, up to the Global Hawk (Tier III), which weighs 11 tons, as shown in Figure 2.



Figure 2. Global Hawk (Tier III) [3].

Classification of UAVs was made by taking the weight ranges into consideration while classifying the weights. This classification is given in Table 1.

Table 1. Classification of UAVs weights [4].

Category	Weight Range	Sample UAVs
Too heavy	>2000 Kg	Global Hawk
Heavy	200 - 2000 Kg	A - 160
Middle	50 - 200 Kg	Raven
Light	5 - 50 Kg	RPO Midget
Micro	<5 Kg	Dragon Eye

2.2. Classification According to Duration And Range Of Air

Airborne duration and range are important factors to consider when classifying UAVs. These two parameters are usually interrelated for a long UAV operation. For UAV designers it is important to consider these two parameters when determining the UAV type. In addition, with these parameters it is possible to determine how long the UAV will be fueled regularly and how long it will remain in service. Three types of classification are possible, long, medium and short, depending on the duration of the air and the range. Table 2 summarizes the classification of UAVs according to the duration of airborne and range.

Table 2. Classification of Uavs According To The Duration of Flight and Flight Range [4].

Category	Endurance	Range	Sample UAVs
Long	> 24 Saat	> 1500 Km	Predator B
Middle	5 - 24 Saat	100 - 400 Km	Silver Fox
Short	< 5 Saat	< 100 Km	Pointer

2.3. Classification By Altitude

When some UAVs used for military purposes are selected, UAVs are required to fly at high altitudes in order to be detected and destroyed by the enemy, while UAVs that are used for civilian purposes are required to fly at UAV low altitudes. One of the important factors in the classification of UAVs is the ease of selection of the desired elevation of the exit elevation, which the end buyers need. The altitude at which UAVs can exit can be classified into three levels: low, normal, and high altitude. Table 3 gives the classification according to the height at which UAVs can occur.

Table 3. Classification of UAVs By Altitude [4].

Category	Maximum Altitude	Sample UAVs
Low	< 1000 m	Pointer
Middle	1000 - 10000 m	Finder
High	> 10000 m	Darkstar

2.4. Classification According to Wing Loading

Another classification method, wingletting, is one of the important factors in the classification of UAVs. For a UAV, the wing load calculation is obtained by dividing the total weight into the wing area. UAVs are classified into 3 types as shown in Table 4., considering the wing loading rates.

Table 4. Classification of UAVs According to Wing Loading [4].

Category	Wing Loading (kg/m ²)	Sample UAVs
Low	< 50	Seeker
Middle	50 - 100	X - 45
High	> 100	Global Hawk

2.5. Classification by Engine Type

UAVs are used in many different tasks and require different types of engines depending on the area they are used to perform these tasks. Table of UAVs is given according to the engine type used in Table 5. Two-stroke, Turbofan, Turboprop, Piston, Electric, and Propeller types are the different types of engines used in IHA. Piston and electric engines are the most widely used types. UAVs also vary in size and type of engine, in proportion to aircraft size and weight, as in human aircraft. Electric engines are generally used in light and small models, piston engines are used in heavy and large models.

Table 5. Examples of UAVs According To Engine Types [4].

Wankel	Turbophan	Turboprop	Piston	Electric
RQ-7A Shadow 200	Darkstar	Predator B	Neptune	Dragon Eye
Sikorsky Cypher	Global Hawk		Dragon	Dragon
	Phoenix		Finder	Pointer
	X - 45		A 160	Raven
	X - 50		GNAT	Luna
	Fire Scout		Crecrelle	Javelin
			Seeker	
			Brevel	
			Snow	
			Goose	
			Silver Fox	
			Heron	

A classification with international validity for UAVs is not available at this time. Each country has its own classification. Some classifications are made by such factors as altitude, duration of air stay and departure weight. The classification of UAVs according to performance characteristics, such as duration of airborne occupancy, weight and altitude.

If the performance required by an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is similar to that of conventional aircraft, the drive system may be similar. Many unmanned aerial vehicles will fly at subsonic and supersonic speeds at altitudes of less than 1000

pounds, at altitudes below 60,000 feet, maneuver at a speed of 9 g or less, and will be protected in the same manner as existing military or commercial aircraft. These unmanned aerial vehicles will not need unique drive technology. Indeed, every new aircraft is designed to use existing engines to prevent the time and expense of developing new engines. In this section, the concepts of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) that need new drive technology are discussed. A few classes of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) require unused engine innovation, modern plans, or indeed modern essential investigate and impetus concepts. For illustration, a Tactical Unmanned Aerial Vehicle (TUAV) may require a gas turbine engine that can work at much more than the 9g powers that constrain kept an eye on vehicles. For tall g loadings, the whole engine structure, particularly the rotor back, will have to be reevaluated. An engine able of maneuvering at 30g, for case, would require unused plan concepts that could require impressive building advancement but not modern essential inquire about. By the by, for a few UAVs, the drive framework is a basic restricting

innovation. These incorporate subsonic Sound flying machine that must work over the elevation limits of current engine advances; micro aircraft vehicles; and exceptionally low-cost, high-performance vehicles. The Gas Turbine Engine is unfathomably prevalent to elective engines in all impetus measurements. This tall level of execution reflects the inborn merits of the concept and the \$50 billion to \$100 billion contributed in gas turbine investigate and advancement. The power-to-weight proportion of gas turbines is three to six times that of airplane piston engines. The contrast in unwavering quality is indeed more prominent [5] Vibration and noise, numerous moving parts, Seal and lubrication requirements, Cooling necessities are some disadvantages of piston engines. Possibly light weight, Possibly small sizes, Supports forced-induction for high altitude use are some advantages of piston engines.

Table 6. Conceptual Decomposition of Piston Engines

Propulsion System	Conceptual Unit	Description
Reciprocating Piston Engine	Energy source	Petroleum distillates
	Energy transformer	Heat production and expanding volumes resulting from contained combustion of petroleum distillates
	Powerplant	Piston motion resulting from expanding volumes, which in turn, rotate the crankshaft Propeller or fan unit driven directly or indirectly (geared) by the crankshaft
	Propulsion effecter	Throttle regulation of fuel flow

Table 7. Technical Issues of An Piston Engine

Technical Issue	Applicability to UAS Context
Crankshaft Weakness	For engines large enough for manned systems, this is largely covered in the CFRs. The issue here is with smaller engines, where it may be sufficient
Noise	Noise in manned aircraft interferes with in-flight communication and alerts ground personnel to engine activity. In small UAS, those issues may not apply. However, smaller engines are quieter and may not have loud enough launch personnel alerting volume. However, there is no effect on the nonexistent pilot's ability to hear in-flight communication.
Vibration	As in manned vehicles, vibration can affect long-term reliability.
Seals	Over time, seals can fail, which leads to power loss and/or potential critical failure
High Temperature	As in manned vehicles, the engine can fail or seize if heat is not removed from the engine fast enough.

The project, which was signed between TEI and the Undersecretariat of Defense Industry (SSM) on 27 December 2012, includes the development of a turbodiesel aviation engine with superior technical features in line with the needs of MALE class unmanned aerial vehicles. Qualification and certification of civil projects expected to be completed in 2018 with Turkey MALE class will have superior national turbodiesel engine that can be used in unmanned aerial vehicles. Detailed design studies have come to the prototype production stage in the ongoing project in the process of certification processes. EASA CS-E scope of the project on the basis of Airworthiness and Certification on the basis of EASA Part 21 Design Organization for Competency Assurance (Piston Engines) that will be a first in Turkey. The dual-stage turbocharged diesel PD170 UAV engine is shown in figure 3.

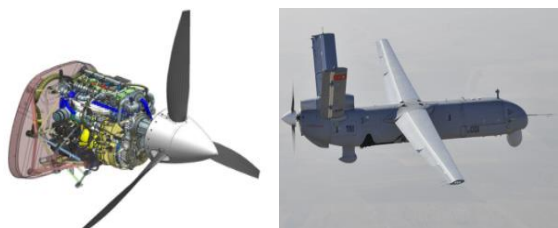


Figure 3. Dual Stage Turbocharged Diesel Aviation Engine PD170 [6].

The advantages of the Operational HVAC Engine compared to the existing MALE class HVAC engines are listed below:

- More Power, Higher Power / Weight Ratio
- More Altitude Power Capability
- Lower Fuel Consumption
- More Compact Design
- Certification of Fulfillment in Compatibility with Civil Hijacking Standards and Military Standards
- Original Engine Control System Software and Hardware (Open code, enhanceable)
- Fast Technical and Logistic Support
- Potential to increase power as needed

Like piston engines, Wankel revolving engines utilize the burning of oil distillates to produce warmth and work, and the coveted yield is the pivot

of a power shaft that drives whatever is left of the framework. Wankel revolving engines contrast from customary responding engines in that their volume dislodging and related inner movement happens in a rotational manner, rather than a forward and backward way. An interior triangular center with bended sides separates a chamber with an epitrochoid-formed stator into three development territories. As the center turns a capricious shaft (figure 4.), the emptied sides of the bended triangular rotor (figure 4.) pack a vaporous volume against the sides of the fenced in area. A start occasion happens, extending this volume and propagating the turn of the center and shaft and proceeding with the burning cycle, creating usable work and waste warmth [7].



Figure 4. Wankel Rotary Engine Eccentric Shaft, Bathtub Face of Wankel Rotor, Wankel Rotor and Stator [7]

Higher power yield for comparative relocation, Iron rotor in aluminum lodging decreases probability of engine seizure, Lighter weight than heritage or pressure start engines, Much calmer than responding engines, Lower vibration than responding engines are som points of interest of the Wankel rotational engine. Fluid cooled engine adds to weight and many-sided quality, disappointment modes, half higher fuel utilization than practically identical diesel engines, Higher electromagnetic and warm marks contrasted with diesel engine, Limited data concerning specialized achievement of Wankel revolving engines, Potential trouble meeting outflow guidelines are a few weaknesses of the Wankel rotational engine [10].

A gas turbine engine is an internal combustion engine operating on a highly dynamic process, investing work to process air and fuel in a way that yields high-velocity output thrust as the return on investment. A gas turbine engine comes in various forms, and the three described in particular are the jet turbine engine, turbofan engine, and turboprop engine [7].

At the point when maybe a low-determination portrayal of a stream turbine, thoughtfully, the vitality substance of the items versus the reactants (deplete) is separated to deliver movement in a controllable response. Nonetheless, the immediate fly approach has enough proficiency downsides that, in a few applications, a turbofan is more proper. A turbofan takes a shot at a comparable guideline as a stream turbine, aside from that more work is sapped from the high energy fumes gas to drive a fan component, exchanging off some immediate push for extra fan-driven push. A turboprop engine works on a comparable guideline as a turbofan, with the exception of that rather than a part, the majority of the high-vitality yield is utilized to drive a turbine that is equip-coupled to a propeller. A turboshaft is like the turboprop aside from that the power is provided to a pole as opposed to a propeller [8].

Gas turbine engines are field-tried and demonstrated solid impetus components, but are classically exceptionally huge and overwhelming. Advanced advancements have yielded the unused concept of microturbine engines, which are gas turbine engines little sufficient to be held by a single person and create pushed yields on the arrange of tens of pounds [9]. While occurrences exist of unmanned aircraft systems that actualize each already said variation of the gas turbine engine, there are no known examples of little unmanned aircraft systems that utilize a micro turbine engine. Be that as it may, industry producers have acknowledged the potential of micro turbine engines for Unmanned Aircraft System applications and have responded accordingly. Examples of gas turbine engines are shown in Table 8. [10].

Table 8. Properties of the Northrop Grumman RQ-4A Global Hawk (Gas Turbine)

UAS Characteristics		Propulsion Characteristics	
Vehicle Dimension	Length 44.4 ft Wingspan 116.2 ft	Propulsion Class	Gas turbine engine
Vehicle Gross Weight	26,750 lb	Propulsion Subclass	Turbofan
Payload Data	1,950-lb capacity	Propulsion Unit Make	Rolls Royce AE-3007H
Endurance Range/Time	5,400 nm/32 hr	Propulsion Unit Weight	F _{noine} 1,586lb
Ceiling	65,000 ft	Power Output	8,290-lb thrust

Some advantages of turbine engines are:

High power density, Enormous thrust capacity, Not limited to sound barriers like propeller blades, Good efficiency at 30% load, Insensitive to fuel quality, Use of air bearings, auxiliary lubrication fluid or oil need [11].

Costly, Complex systems, High speed rotation, Working at high temperatures are some disadvantages of gas turbine engines. Electric engines work as a power source to generate rotational motion from electrical energy. For electrically driven drive systems, the electric engines are used as a power source because they can be easily combined with propellers as a propulsive effect; everything needed is a constant source of electricity [12].

Table 9. Solong Electric Engine

UAS Characteristics		Propulsion Characteristics	
Vehicle Dimension	Wingspan 4.75 m	Propulsion Class	Electric Motor
Vehicle Gross Weight	12.6 kg (28 lb)	Propulsion Subclass	DC motor
Payload Data	Unavailable	Propulsion Unit Make	Kontronik Tango 4506 3-phase brushless, ironless motor with 4.2:1 planetary gear reduction
Endurance Range/Time	48+hr	Propulsion Unit Weight	300 g
Ceiling	8000 m	Power Output	Max motor power 800W

Low maintenance cost, Safe, Electrically operated, Robust, Less trouble surrounding overheating as opposed to thermodynamic engines, High torque power, Scalability, Silent operation are some of the advantages of electric engine systems.

Some of the disadvantages of electric engine based systems are that they are sensitive to large currents, electromagnetic field, water and other conductive fluids.

3. Results

For this study, Unmanned Aircraft System propulsion systems were investigated. The research results show that there are several types of drive systems with different power sources used in the Unmanned Aerial Vehicle System. Their dimensions range from fully certified turbine engines with fewer trailers used in transport category aircraft. As such new power supplies are often used to meet operational needs. In summary, many of these propulsion systems, which are unique to unmanned aerial vehicle systems, are not traditionally considered to be present at the present regulatory standards. It is largely due to the unique operational objectives of the unmanned aerial system with specific mission requirements that are significantly different from human aviation [13]. Piston engines and electric engines are the most commonly used types. Unmanned Aerial Vehicles (UAV) also vary in engine size and type, as well as aircraft sizes and weights, as in humans. Electric engines are generally used in light and small models, while piston engines are used in heavy and large models. It is anticipated that the data obtained in this way will be brought to the forefront of many driver frameworks that are required in order to implement administrative guidelines. In this archive, various technical topics related to each frame are displayed. In response to the desire for an unmanned aircraft system, it is recommended that current regulations be re-audited to understand and address the unused issues that arise with new technologies [14].

References

- [1] Çoban S. , Oktay T., "A Review Of Tactical Unmanned Aerial Vehicle Design Studies", The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics, vol.1, pp.30-35, 2017
- [2] European RPAS Steering Group. (2013a). Roadmap for the integration of civil remotely piloted aircraft systems into the European aviation.
- [3] www.fas.org
- [4] Arlomandi,M., Classification of Unmanned Aerial Vehicles, MECH ENG 3016 course note
- [5] Theiss, T.J., Conklin, J.C., Thomas, J.F., and Armstrong, T.R., "Comparison of Prime Movers Suitable For USMC Expeditionary Power Sources," Oak Ridge National Laboratory (ORNL), 2000.
- [6] <https://www.tei.com.tr/detay/operatif-ih-motoru-gelistirme-proje3>.
- [7] Griffis, C., Wilson, T., Schneider, J., & Pierpont, P. (2009). Unmanned Aircraft System Propulsion Systems Technology Survey. , (). Retrieved from <http://commons.erau.edu/publication/72>.
- [8] Mattingly, Jack D., Elements of Gas Turbine Propulsion, McGraw-Hill, Inc., New York, New York, 1996.
- [9] Microjet UAV Limited, "Microjet UAV Limited, Turbine Technology," <http://www.microjeteng.com/products.html>, last visited November 12, 2006.
- [10] AREN, "Mazda Wankel Rotary Engines for Aircraft Website," <http://www.rotaryeng.net/>, last visited November 3, 2006.
- [11] Army-Technology.com, "CL289 Unmanned Aerial Vehicle," <http://www.armytechnology.com/projects/cl289/>, last visited February 15, 2007.
- [12] Tower Hobbies, "Kontronik Tango 45-06 Brushless Engine," <http://www2.towerhobbies.com/cgi->

bin/wti0001p?&I=LXHEW1, last visited March 3, 2007.

- [13] Reid, C., Manzo, M., and Logan, M., “Performance Characterization of a Lithium-Ion Gel Polymer Battery Power Supply System for an Unmanned Aerial Vehicle,” NASA/TM—2004-213401 2004–01–3166, November 2004.
- [14] Griffis, C., Wilson, T., Schneider, J., & Pierpont, P. (2009). Unmanned Aircraft System Propulsion Systems Technology Survey. Retrieved from <http://commons.erau.edu/publication/72>



Received : 07.08.2018 & Accepted : 17.12.2018 & Published (online) : 23.12.2018

Fatigue in The Aviation: An Overview of The Measurements and Countermeasures

Zeynep GÖKER^{1*}

¹ Aviation Medical Examiner (AME), MD., Child Psychiatrist, University of Health Sciences, Ankara Child Health and Diseases, Hematology Oncology Training and Research Hospital, Child Psychiatry Department, Ankara, Turkey

Abstract

Fatigue is a crucial and cumulative factor for aviation safety causing human errors via decrease in the abilities to conduct tasks that require higher-order intellectual processing. Chronic form of fatigue is more insidious and subjective. Factors causing fatigue are lack of sleep, crew scheduling, a long duty period, Jet or shift lag, high workload, and lacking of physical or mental fitness. There are subjective and objective measurements to estimate fatigue levels. Subjective techniques are based on self-report of the sleep and tiredness whereas objective interventions are built on the basis the physiological features of the subject (brain waves, eye gaze, facial feature recognition) or their physical manifestations (muscle tone, wrist inactivity, head orientation). Fatigue measurements aim to support and maintain alertness and performance during long or uneventful duty period. Fatigue countermeasures are mainly based on self-reported data and there is a need for "safety" factor for self-reports. The aim of this study was to evaluate the fatigue encountered in aviation and to review the methods used to prevent fatigue.

Keywords: Fatigue, Subjective, Objective, Measurements, Countermeasures

1. Introduction

Fatigue is a crucial factor related to human errors causing a decrease in the abilities to conduct tasks that require higher-order intellectual processing [1]. Like stress, fatigue is cumulative and it could be either acute (short-term) or chronic (long-term). Acute fatigue is easily recognized and remedied by not flying and sufficient rest since it stems mainly from lack of sleep, hard physical or mental exertion, crew scheduling, a long duty period, Jet lag or shift lag [1,2].

Chronic fatigue, on the other hand, is more insidious and subjective which one pilot being able to tolerate more than the other before chronic fatigue emerges. High workload (mental and/or physical activity), financial or relational problems, lacking of physical or mental fitness are mainly causative factors in the development of the long-term fatigue [1,2].

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dr.Zeynep Göker,
zeynepgoker@hotmail.com

Citation : Göker, Z. (2018). Fatigue in The Aviation: An Overview of The Measurements and Countermeasures. Journal of Aviation, 2 (2), 185-194. DOI: 10.30518/jav.451741

Symptoms of the fatigue vary with physical, mental and emotional manifestations including sleepiness, apathy difficulties in concentrating, decreased vigilance, attention lapses, increased reaction time, task fixation, slowing of higher-level mental functioning, miscommunication, lack of motivation, irritability, emotional sensitivity to increased errors while performing tasks especially during divergent processing (knowledge-based, innovative, creative problem solving) [2]. Causes, symptoms and consequences of fatigue were summarized in the Figure 1.

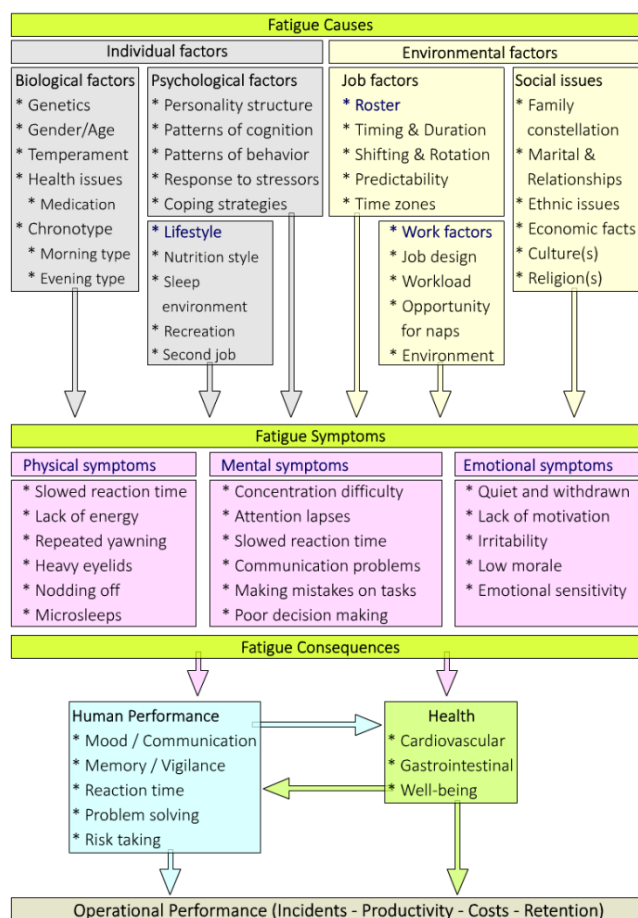


Figure 1. Causes, symptoms and consequences of fatigue (adapted from Australian Civil Aviation Safety Authority, Fatigue Management Strategies, reference [2])

Fatigue Measurement Methods

Techniques to estimate the level of fatigue in the aviation professionals are based on subjective (self-reported questionnaires) and objective (including polysomnography with EEG, electro-oculography, actigraphy) measurements [3].

Subjective tools to evaluate fatigue are based on self-reporting of perceived feelings like “I’m tired” or person’s sleep variables such as “extremely

sleepy, fighting sleep”. For assessing of the fatigue, there are validated scales including the Fatigue Assessment Instrument (FAI) [4], the World-Health-Organization-Quality of Life-Scale Energy and Fatigue subscale [5], the Visual Analogue Scales for fatigue (VAS-F) [6] and for sleepiness and alertness [7], the Chalder’s Fatigue Scale (FS) [8], the Fatigue Severity Scale (FSS) [9] and The Crew Status Survey (also called as Samn-Perelli (SP) Fatigue Scale [10]. Self-report sleep evaluation includes sleep and wake times, how much and how well it is and the Stanford Sleepiness Scale (SSS) [11], the Karolinska Sleepiness Scale (KSS) [12] are commonly used tools. All subjective scales are easy to administer, either in paper-based or computer-based forms, provide data comparison but do not always reliably reflect objective performance measures since there may lack face validity because of relatively easy to misleading [3].

In addition to these self-report scales, biomathematical models are developed to predict an individual’s alertness level or performance effectiveness prior a duty period to determine should the subject can maintain optimal performance throughout the work period [13]. In these models, self-reported amount and quality of sleep are formulated with subject’s work schedule and hours of work. There are some models validated yet still needed to be improved their reliability including the Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST), The Sleep, Activity, Fatigue and Task Effectiveness (SAFTE), and these combination as referred SAFTE/FAST, Fatigue Audit InterDyne (FAID), Fatigue Index Tool (FIT), and System for Aircrew Fatigue Evaluation (SAFE) models [14].

Objective tools to measure the fatigue in the aviation subjects are mainly built on either circadian rhythms- (via temperature, biological tests), or sleep- (with the use of polysomnography (PSG), electroencephalography (EEG), actigraphy) or psychomotor performance- (simple mental tasks, complex behavior) based [3]. They aim to detect either the physiological features of the subject (brain waves, eye gaze, facial feature recognition, retinal functioning) or their physical manifestations (muscle tone, wrist inactivity, head position, percent eye closure) and support to maintain alertness and performance during long or uneventful duty period [13]. Objective techniques can also be applied in the

real-time conditions with intrusive or non-intrusive ways.

Electroencephalography (EEG): The brain’s electrical activities as known event-related potentials (ERPs) are valid and reliable method as “gold standard” for assessing of impaired alertness [15]. High mental workload reported with an increase in theta band and a decrease in alpha band in EEG as well as successive increase in theta, delta and alpha bands occurs during the transition between mental workload and mental fatigue [16]. Yet this method is intrusive and not be feasible due to the operational environment.

Polysomnography (PSG): The brain’s event-related activities changes with increasing fatigue. PSG detects microsleep (alpha wave) and rolling eye movements via EEG, electrooculography (EOG) and electromyography (EMG) combination. It is “gold standard” to measures sleep quantity and structure, sleep quality and alertness. It is intrusive and electrodes attached to the head/face and technicians are needed. It is useful to examine subsequent fatigue levels such as recovery from a series of duties (sleep in aircraft bunks on augmented flights or sleep at home on return from transmeridian flights) [3].

Actigraphy: Wrist-wrap actigraphy is used to monitor an individual’s activity, and it indicates when the subject may be asleep, estimates the timing of periods of sleep and quality. It is non-intrusive and measures activity not sleep and it cannot distinguish between sleep and still wake and not easily affordable [3].

Non-intrusive eye-tracking measures: Fatigue and changes in the oculomotor functioning as decreased saccadic velocities are well-documented and suggest as a biomarker of aviator fatigue [17]. Other visual cues including eyelid movement, head orientation, line of gaze and facial expression are to be used for determining the state of alertness. Combination of these visual cues has been shown much more accurate than using a single cue for driver fatigue monitoring [18].

Critical flicker-fusion frequency (CFF) test: It is based on the frequency at which the retinal response is no longer modulated with a normal critical value of 25 hz-55 Hz [19] evaluates the efficiency of the visual response.

Psychomotor vigilance task (PVT): This test is used for evaluating psychomotor performance including the ability to sustain attention. Lapses in attention measured by PVT could occur as a result of lack of sleep and/or prolonged hours on the duty [20]. Task can be carried out in “noisy” surrounding, sensitive to changes in fatigue levels. It requires an equipment and at least 3 or 5 or standard 10 minutes without any disturbance [3, 21].

Fatigue Countermeasures

Advancement in understanding fatigue causes, symptoms and consequences has led to try to corporate evidence-based knowledge to aviation regulations and industry practices. There are some fatigue-mitigating strategies, developed mostly based on subjective fatigue reports and still more collective experience data is needed to develop standardized fatigue risk indicators [15]. Figure 2 shows in-flight and pre/post-flight contermeasures to combat fatigue.

Fatigue-mitigating Strategies	
In-Flight countermeasures	Pre/Post-Flight countermeasures
* Cockpit napping	* Hypnotics & Melatonin/Tirozin
* Activity breaks	* Improving sleep and alertness
* Bunk sleep	* Healthy sleep practices
* In-Flight rostering	* Napping
* Cockpit lighting	* Circadian adjustment
* Caffeine & Hydration	* Exercise/Good physical fitness
* Healthy meal	* Nutrition/Healthy eating

Figure 2. Fatigue mitigating strategies (adapted from Caldwell et al, 2009, reference [15])

2. Material and Methodology

In this article, the literature located in PUBMED and Google Scholar relating aviation, fatigue, surveys, subjective and objective measurements and countermeasures were reviewed and tools used in these studies, their superiorities, limitations were evaluated and lastly probable implication issues were pointed out.

3. Results

Subjective scales findings

The Fatigue Assesment Instrument (FAI) includes 29 items and evaluates fatigue with four

subscales including Factor 1: The fatigue severity, Factor 2: The environment-specific scale, Factor 3: The outcome scale and Factor 4: Sleep-evaluating scale [4]. In a study, Ma et al. (2014) evaluated twenty-one male aviators' subjective fatigue levels via FAI scale in pre- and post-flight simulations and there was no difference pre- and post-flight trials. However, in this study, there was also an objective real-time assessment of CFF measurement which pointed out that the aviators had more fatigue levels in post-flight trial than that of pre-flight measurement [22].

The World-Health-Organization-Quality of Life-Scale Energy and Fatigue subscale (WHOQoL-EF) were frequently used in aviation fatigue studies as a part of a survey. It includes 4 items including 1) Do you have enough energy for everyday life? 2) How easily do you get tired? 3) How satisfied are you with the energy that you have? 4) How bothered are you by fatigue? [5]. Tvaryanas and Thompson (2006) evaluated the fatigue in 172 air force subjects with 4 different shift work (irregular, rotational, or fixed shifts). They used a composite fatigue survey including the fatigue scale, checklist individual strength concentration subscale, fatigue assessment scale, WHOQoL-energy and fatigue subscale, and Maslach burnout inventory-emotional exhaustion subscale. Shift workers were found equally fatigued whether at home base or deployed in current military operations, reinforcing the intrinsically fatiguing nature of shift work [23].

Visual analogue scales (VAS) is a 100-millimeter line with the end points labelled from "Not at all fatigued" to "Extremely fatigued". The person marks the line at the appropriate point and the distance along the line is measured and recorded. It is usually assigned a score between 0 and 100 [6].

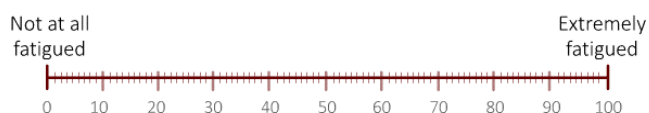


Figure 3. Visual analogue scale (VAS) for fatigue (reference [6])

There is VAS use for alertness and sleepiness which a 100-mm line, centered with "alert/able to concentrate," "anxious," "energetic," "feel

confident," "irritable," "nervous", "sleepy," and "talkative" adjectives and labeled two ends with "not at all" and "extremely" [7]. The responder marks the point on the line that corresponded to how he/she felt along the specified continuum at the "right now". Wilson et al (2006) used this scale in 8 males and one female that sleep deprivation's effect on performance tests including psychomotor vigilance test (PVT), subjective scales of visual analog scales (VAS), and physiological measures of EEG, oculography, wrist activity monitors. They found that the subjective reports of alertness were significantly affected by the time of testing while not different from each other, being lower than the scores obtained at all other testing times [7]. Major drawback is that points along the line are not defined and the comparison with other studies is difficult [3].

The Chalder's Fatigue Scale (FS) is a 14-item with two dimensions (physical fatigue, first 8 items and mental fatigue, 6 items). Likert system (0=better than usual, 1=no more than usual, 2=worse than usual and 3=much worse than usual) of scoring was adopted. The total score ranges from 0-33 [8]. Chaturvedula et al (2011) reported that 53 civil pilots were evaluated with the NEO-FFI questionnaire for personality trait and the Chalder's fatigue scale for fatigue evaluation and they found that positive correlation between openness and physical fatigue, and negative correlation between conscientiousness and mental fatigue [24].

The Fatigue Severity Scale (FSS) is a self-report tool evaluating the past week with a nine-item scale and scored from 1=disagree to 7=agree [9]. In a study, conducted by Reis et al. (2013), medium/short haul flying pilots were found to be more fatigued (in total and mental fatigue scores) based on Fatigue Severity Scale (FSS) than that of long-haul flying [25]. Another study, via FSS scale use, among 328 commercial airlines pilots in the Gulf Cooperation Council (GCC) pointed out that 68.3% pilots had an FSS score ≥ 36 indicating severe fatigue and 67.4% of them reported making mistakes in the cockpit because of fatigue which regular assessment by aviation authorities is needed to detect and treat these medical problems [26].

The Crew Status Survey (Samn-Perelli (SP) Fatigue Scale) is a seven-point ranging from 1-fully alert, wide awake" to "7-completely exhausted,

unable to function” with the reading 6-7 scores as severe fatigue [10]. Powell et al (2007) reported fatigue levels of 1370 pilots via SP scale and revealed that length of duty, number of sectors, time of day, and departure airport affect fatigue levels in short-haul operations, with most deteriorating factors were the number of sectors and duty length [27]. Petrilli et al (2006) measured 19 international airline pilots’ fatigue levels and factors that have effects on. Wrist actigraphy, 5 min PalmPilot-based psychomotor vigilance task (PVT) and self-rated their level of fatigue using the Samn-Perelli Fatigue Checklist were used. The stage of flight and flight sectors had more effect on fatigue. Sleep in the prior 24 h was found a significant predictor of self-rated fatigue and mean response speed after the international flight sectors [28]. Gander et al (2015) studied with 237 pilots’ (with 730 out-and-back flights between 13 city pairs and 1-3-day layovers). Their sleep variable was monitored with wrist actigraphy, and sleep diaries) before, during and after trips. On duty days, sleepiness was evaluated via the KSS scale, fatigue was scored with the SP scale and mean response speed were measured via 10-minutes PVT at the pre-flight phase and at the top of the descent (TOD). More sleep in the 24 h prior to duty was associated with lower pre-flight sleepiness and fatigue and faster response speed. At the top of the descent, pilots felt less sleepy and fatigued after more in-flight sleep and less time awake [29]. Similar to this, Gander et al (2014) reported crew fatigue and related factors from 133 landing crewmembers on 2 long-range and 3 ultra-long-range trips (4-person crews, 3 airlines, 220 flights). Sleep was evaluated as total sleep in the prior 24 h and time awake at duty start and at TOD (actigraphy); subjective sleepiness (the KSS) and fatigue (the SP scale); and psychomotor vigilance task (PVT) performance [30].

The Stanford Sleepiness Scale (SSS) is a seven-point scale expressing from “1=feeling active and vital, alert, wide awake” to “7=almost in a reverie, sleep onset soon, lost struggle to remain awake” [10]. Kamimori et al (2005) reported the caffeine effect compared to the placebo on alertness via 10-min the Psychomotor Vigilance Test (PVT) and the SSS and caffeine was found to be effective on the SSS scores with increasing over time concluding that bi-hourly administration of 200 mg of caffeine

supplies vigilance performance across a single night without sleep [31].

Objective Measurements Findings

Studies with the brain’s event-related potentials (ERPs) in fatigue consistently points out that the pattern of brain activity changes with increasing fatigue as an increase in EEG’s theta band and a decrease in alpha band which suggest a high mental workload [16]. The polysomnography detects microsleeps (alpha waves) and rolling eye movements. It measures sleep quantity and structure, sleep quality and waking alertness via EEG, EOG and EMG combination. Attachment of electrodes to head/face and technicians are needed. It is gold standard method and useful to examine subsequent fatigue levels including recovery from a series of duties (sleep in aircraft bunks on augmented flights, sleep at home on return from transmeridian flights) [3].

Wrist actigraphy measures sleep on the basis of monitoring activity and indicates when an individual may be asleep, estimates the timing of periods of sleep and quality. It measures activity not sleep and cannot be able to distinguish between sleep and still wake [3]. Its validation for aviation fatigue was proven in the studies [28, 32, 33].

One of the non-intrusive eye-tracking measures, saccadic velocities point fatigue in affected subjects. Di Staci et al. (2016) showed that a decrease in saccadic velocities after long simulated flights compared to short simulated flights. These results suggest that saccadic velocity could serve as a biomarker of aviator fatigue [17].

An-intrusive ocular function, the Critical flicker-fusion frequency (CFF) test evaluates the efficiency of the visual response. A decrease in the CFF frequencies points out the fatigue as Ma et al. (2014) reported that workload influences fatigue and this could be detected via CFF method in the pilots [22].

The Psychomotor vigilance task (PVT), a performance task, is based on simple reaction time (RT) and evaluates the ability to sustain attention and respond in a timely manner to salient signals [21]. This task measures mean response speed via responding to a visual timer bull’s-eye stimulus on a display, and is expressed as the mean reciprocal response time multiplied by 1000, as per standard methodology. Lower scores point out reduced

sustained attention and great level of impairment [28]. It runs for 3-minutes [21], or 5-minutes [28] or PVT 10-minutes [30]. The device records reaction time and the number of missed responses. It has been validated as a function of sleep loss and circadian influences [7]. In a study, Wilson et al (2006) showed that The simple reaction time task, PVT, exhibited the longest reaction times with the most variability and the most response lapses at the next-to-the-last test session (at the 0740 hr), after approximately 25 hours of continuous wakefulness [7]. Kamimori et al (2005) reported the effect of multiple doses of caffeine on the sleep deprivation during early morning operations [30]. Six 10-minutes of the Psychomotor Vigilance Test (PVT) were completed during each 2-hour test block. Lapses on the PVT were categorized as response times greater than 1, 3, or 5 seconds. Caffeine significantly decreased lapses in all categories compared to the placebo and reduced the number of lapses in a dose-related manner, concluding that performance was maintained at baseline levels for the entire sleep loss period with multiple doses of 200 mg caffeine.

Subjective versus Objective: The consistency

In terms of sleep and fatigue measurements, there are studies consistent with subjective and objective measures as well as that are not. In evaluating sleep measurements, in a study, conducted by van Dongen et al. (2003), sleep restriction was found more harmful than that of the subjects perception of fatigue, evaluated by polysomnography versus sleep scales of self-report [34]. Similar to this, Ma et al. (2014) measured fatigue levels of the 21-male aviators with subjective FAI scale and objective real-time CFF test. Although CFF pointed out that there was a significant decrease in CFF measures compared to pre- and post-flight trials there was no difference between trials in terms of FAI scores [22]. On the other hand, Wilson et al. [7] reported consistency with subjective reports of alertness with visual analog scale and objective EEG, and 10-minutes PVT measurements.

Fatigue Countermeasures Findings

In-Flight Countermeasures

Cockpit napping: Sallinen et al (2017) studied with 86 pilots (operating lang-haul, short-haul and both) and evaluated sleep (via actigraphy) and on-duty alertness (the KSS scale). The results point out that the pilots use on-duty alertness management strategies to combat the fatigue and sleepiness, including strategic naps [35].

Bunk sleep: Zaslona et al (2018) reported of 291 pilots with long-range and ultra-long range trips, that in-flight sleep as the primary fatigue mitigation on long-haul flights [36]. Rosekind et al. (2000) reported with 1404 pilots operating long-haul flights of their sleep quality, quantity with bunk sleep. Two-thirds of pilots reported that sleeping in the bunk improved their subsequent flight deck alertness and performance [37].

In-flight rostering: It involves number of pilot assigned to the flight and is determined in advance during the scheduling process. Eriksen et al. (2006) revealed that performance level of two-pilot operations at the TOD were significantly lower than that of three-pilot flyings, on the basis of wrist actigraphy measures [32]. Reduction of crew size by one pilot seems to be related with moderately increased levels of sleepiness, pointing out that in-two pilot operations there is a need for improvement of sleepiness conditions.

Cockpit lighting: This is another mitigating strategy to improve alertness levels in the cockpit at night [38]. Light suppresses the melatonin secretion resulting in phase shifting and alertness. Short-wavelength light pulses (especially 420 nm) has been found to be effective on subjective alertness, measured with 9-point VAS scale [39].

Caffeine: Kamimori et al [2005) revealed that 200 mg caffeine with multiple doses improves the early morning flight operations [30].

Healthy meal: In another survey study, Avers et al (2009) evaluated 9,180 of flight attendants from 30 operators with seven domain: work background, workload and duty time, sleep, health, fatigue, work environment and general demographics, concluding that scheduling and providing healthy meal are crucially recommended factors to improve sleep and fatigue scores [40].

Pre/Post-Flight Countermeasures

For improving sleep and alertness as pre- and post-flight countermeasures, resting and limiting day-time duties are one of the issues. Medium/short haul flying (less than 6 hour duration with several segments in one duty period), for instance, were reported as more causative for fatigue compared to the long-haul flights (flights with 6 or more hours, usually one or two sectors minimum) [25], and duty length were shown as an important fatigue cause in pilots with short-haul operations [27], pointing out that because of diminished resting period for these pilots [41].

Napping: This is another well-documented factors to mitigate fatigue. In a study, conducted by Petrie et al. (2011) with 253 pilots operating international flights showed that daytime napping prior to overnight duties revealed significantly lower fatigue levels, based on short-form health survey (SF-36) use [42]. Hartzler (2014) reported that the strategic naps are considered an efficacious means of maintaining performance while also reducing the individual's sleep debt. These types of naps have been advocated for pilots in particular, as opportunities to sleep either in the designated rest facilities or on the flight deck may be beneficial in reducing both the performance and alertness impairments associated with fatigue, as well as the subjective feelings of sleepiness. Evidence suggests that strategic naps can reduce subjective feelings of fatigue and improve performance and alertness [43].

Circadian adjustment: Jet lag is an undeniable factor for long haul pilots. It affects the ability to stay alerted and awake. Dai et al (2018) reported that a fatigue questionnaire for Chinese civil aviation pilots. 74 (all males) civil aviation pilots. Some international flight pilots, who had taken medications as a sleep aid, had worse sleep quality than those had not. The long-endurance flight across time zones caused significant differences in circadian rhythm [44].

Shift lag is another circadian rhythm disruption via work in shifts at night. Wright et al (2013) reported that shift-work schedules negatively influence worker physiology, health, and safety disrupting circadian sleep and alerting cycles with disturbed daytime sleep and excessive sleepiness during the work shift. Management strategies include approaches to promote sleep, wakefulness,

and adaptation of the circadian clock to the imposed work schedule [45]. Tvaryanas and Thompson (2006) reported that 172 USAF personnel which shift work (irregular, rotational, fixed shifts). Self-reported average daily sleep and sleep quality did not correlate with fatigue. Crewmembers and maintenance personnel reported equal levels of fatigue, suggesting crewmember work/rest guidelines may not be useful for mitigating fatigue associated with shift work. Shift workers were equally fatigued whether at home base or deployed in current military operations, reinforcing the intrinsically fatiguing nature of shift work [23]. In a study, two-pilot operations were examined for fatigue since there is little opportunity for in-flight rest. Powell et al. (2008) examined this issue in pilots flying 3-12 hours with the SP scale evaluating fatigue at the TOD. The window of circadian low (WOCL, 0200-0600) had the highest level of fatigue in terms of the starting of the duty and two-sector duty's fatigue scores were higher than that of single-sector duty, implying that limiting daytime duties [46]. Kelley et al (2018) reported with a-125-item questionnaire of 214 U.S. Army aviators. The majority of subjects sleep less than the recommended 8 h per night and nearly half of them report sleeping less than their own preferred amount of sleep. Approximately 40% of the sample indicated that they believed fatigue to be a widespread problem in the U.S. Army aviation community. Inconsistent shiftwork, less than optimal levels of rest, and poor sleep quality in the field were identified [47].

Exercise: Exercise helps to change in the phase of sleep-wake cycles via delaying in the sleep-wake cycle resulting in alertness. Barger et al (2004) reported that daily exercise of 18-fit males with strictly controlled very dim light caused a phase delay of melatonin onset, meaning that westbound traveller could benefit from exercise [48].

4. Conclusions and Implications

Fatigue effects are cumulative and could cause impaired performance. The degree of deterioration seems to be related to the numbers of hours awake, less than optimal levels of rest, inconsistent shiftwork, duty-long, and poor sleep quality in the

field were identified, and the "engagement" value of the task.

Simple, subjective assesment tools including KSS, SP, as well as FAI and non-intrusive objective techniques, such as the PVT or actigraphy, are promising to evaluate fatigue yet needs to be more complex and more engaging tasks such as eye-tracking measures to be measured and implied.

5. Symbols

Hz: Hertz (as one cycle per second)

References

- [1] Oxford Aviation Academy (OAA), OAT Media Interactive Learning "Chapter 11 Sleep and Fatigue," ATPL Ground Training Series. Human Performance & Limitations, Fourth edition, 8, 203-222, 2005.
- [2] Australian Government Civil Aviation Safety Authority, Fatigue Management Strategies for Aviation Workers: A Training & Development Workbook, 2012.
- [3] M. Miller "Measuring Fatigue," Asia-Pacific FRMS Seminar, ICAO/IATA/IFALPA, Bangkok, 2012.
- [4] J. E. Schwartz, L. Jandorf, and L. B. Krupp "The measurement of fatigue: A new instrument," *Journal of Psychosomatic Research*, 37, 753-762, 1993.
- [5] The WHOQoL Group "World Health Organization Quality of Life assesment (WHOQoL): Development and general psychometric properties," *Social Science & Medicine*, 46, 1569-1585, 1998.
- [6] K. A. Lee, G. Hicks, and G. Nino-Murcie "Validity and reliability of a scale to assess fatigue," *Psychiatry Research*, 36, 291-298, 1991.
- [7] G. F. Wilson, C. Russell, and J. Caldwell "Performance and psychophysiological measures of fatigue effects on aviation related tasks of varying difficulty," Air Force Research Laboratory, AFRL-HE-WP-TP-2006-0095, 2006.
- [8] T. Chalder, G. Berelowitz, T. Pawlikowska, L. Watts, A. Wessely, D. Wright, and E. P. Wallace "Development of a fatigue scale," *Journal of Psychosomatic Research*, 37, 147-153, 1993.
- [9] L. B. Krupp, N. G. LaRocca, J. Muir-Nash, and A.D. Steinberg "The fatigue severity scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus," *Archives of Neurology*, 46, 1121-1123, 1989.
- [10] S. W. Samn, and L. P. Perelli "Estimating aircrew fatigue: a technique with application to airlift operations (No. SAM-TR-82-21)" School of Aerospace Medicine Brooks Afb Tx, 1982.
- [11] E. Hoddes, W. Dement, and V. Zarcone "The history and use of the Stanford Sleepiness Scale," *Psychophysiology*, 9, 150-152, 1972.
- [12] T. Akerstedt, and M. Gillberg "Subjective and objective sleepiness in the active individual," *International Journal of Neuroscience*, 52, 29-37, 1990.
- [13] J. L. Caldwell, J. F. Chandler, and B. M. Hartzler "Battling fatigue in aviation: Recent advancements in research and practice," *Journal of Medical Sciences (Taiwan)*, 32, 47-56, 2012.
- [14] Transport Canada, Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry "Introduction to fatigue audits tools," TP 14577E, 2007.
- [15] J. A. Caldwell, M. M. Mallis, J. L. Caldwell, M. A. Paul, J. C. Miller, and D. F. Neri "Fatigue countermeasures in aviation," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80, 29-59, 2009.
- [16] G. Borghini, L. Astolfi, G. Vecchiato, D. Mattia, and F. Babiloni "Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assesment of mental workload, fatigue and drowsiness," *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 58-75, 2014.
- [17] L. L. Di Staci, M. B. McCamy, S. Martinez-Conde, E. Gayles, C. Hoare, M. Foster, A. Catena, and S. L. Macknik "Effects of long and short simulated flights on the saccadic eye movement velocity of aviators," *Psychology & Behavior*, 153, 91-96, 2016.
- [18] Z. Zhu, and Q. Ji "Real-time and non-intrusive driver fatigue monitoring," *Intelligent Transportation Systems, Proceedings. The 7th International IEE Conference*, 657-662, 2004.

- [19] H. Ott, and K. Kranda, *Flicker Techniques in Psychopharmacology*, Weinheim: Beltz Verlag GmbH, 1982.
- [20] D. F. Dinges, F. Pack, K. Williams, K. A. Gillen, J. W. Powell, G. E. Ott, C. Aptowicz, and A. I. Pack "Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night," *Sleep*, 20, 267-277, 1997.
- [21] M. Basner, and J. Rubinstein "Fitness for duty: A 3 minute version of psychomotor vigilance test predicts fatigue related declines in luggage screening performance," *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 53, 1146-1154, 2011.
- [22] J. Ma, R.-M. Ma, X.-W. Liu, K. Bian, Z.-H. W, X.-J. Li, Z.-M. Zhang, and W.-D. Hu "Workload influence on fatigue related psychological and physiological performance changes of aviators," *PLoS ONE*, 9, e87121, 2014.
- [23] A. P. Tvaryanas, and W. T. Thompson "A survey of fatigue in selected United States Air Force shift worker populations," *United States Air Force 311th Human System Wing, HSW-PE-BR-TR-2006-003*, 2006.
- [24] S. Chaturvedula, A. Narayanamoorthi, and R. K. Murty "Personality maneuvers flyers fatigue: Indian sivil aviation scenario," *Indian Journal of Aerospace and Medicine*, 55, 17-25, 2011.
- [25] C. Reis, C. Mestre, and H. Canhao "Prevalance of fatigue in a group of airline pilots," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 84, 828-833, 2013.
- [26] T. M. Aljurf, A. H. Olaish, and A. S. BaHammam, "Assessment of sleepiness, fatigue, and depression among Gulf Cooperation Council commercial airline pilots," *Sleep & Breathing = Schlaf & Atmung*, 22, 411-419, 2018.
- [27] D. M. C. Powell, M. B. Spencer, D. Holland, E. Broadbent, and K. J. Petrie "Pilot fatigue in short-haul operations: Effects of number of sectors, duty length, and time of day," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 78, 698-701, 2007.
- [28] R. M. Petrilli, G. D. Roach, D. Dawson, and N. Lamond "The sleep, subjective fatigue, and sustained attention of commercial airline pilots during an international pattern," *Chronobiology International*, 23, 1347-1362, 2006.
- [29] P. H. Gander, H. M. Mulrine, M. J. van den Berg, A. A. T. Smith, T. L. Signal, L. J. Wu, and G. Belenky "Effects of sleep/wake history and circadian phase on proposed pilot fatigue safety performance indicators," *Journal of Sleep Research*, 24, 110-119, 2015.
- [30] P. H. Gander, J. Mangie, M. J. Van Den Berg, A. A. Smith, H. M. Mulrine, and T. L. Signal, "Crew fatigue safety performance indicators for fatigue risk management systems," *Aviation and Space and Environmental Medicine*, 85, 139-147, 2014.
- [31] G. H. Kamimori, D. Johnson, D. Thorne, and G. Belenky "Multiple caffeine doses maintain vigilance during early morning operations," *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 76, 1046-1050, 2005.
- [32] C. A. Eriksen, T. Akerstedt, and J. P. Nilsson "Fatigue in trans-Atlantic airline operations: diaries and actigraphy for two vs. three-pilot crew," *Aviation and Space and Environmental Medicine*, 77, 605-612, 2006.
- [33] M. R. Rosekind, R. Mark, K. B. Gregory, and M. M. Mellis "Alertness management in aviation operations: enhancing performance and sleep," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 77, 1256-1265, 2006.
- [34] H. P. A. Van Dongen, G. Maislin, J. M. Mullington, and D. F. Dinges "The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation," *Sleep*, 26, 117-126, 2003.
- [35] M. Sallinen, M. Sihvola, S. Puttonen, K. Ketola, A. Tuori, M. Harma, G. Kecklund G, and T. Akerstedt T "Sleep, alertness and alertness management among commercial airline pilots on short-haul and long-haul flights," *Accident; Analysis and Prevention*, 98, 320-329, 2017.
- [36] J. L. Zaslona, K. M. O'Keefe, T. L. Signal, and P. H. Gander, "Shared responsibility for managing fatigue: Hearing the pilots," *PLoS One*, 13, e0195530, 2018.

- [37] M. R. Rosekind, K. B. Gregory, E. L. Co, D. L. Miller and D. F. Dinges “Crew factors in flight operations XII: A survey of sleep quantity and quality in on-board crew rest facilities,” National Aeronautics and Space Administration, NASA/TM-2000-209611, 2000.
- [38] C. Cajochen “Alerting effects of light,” *Psychological Review*, 11, 453-464, 2007.
- [39] V. L. Revell, J. Arendt, L. F. Fogg, and D. J. Skene “Alerting effect of light are sensitive to very short wavelengths,” *Neuroscience Letters*, 399, 96-100, 2006.
- [40] K. B. Avers, S. J. King, T. E. Nesthus, S. Thomas, and J. Banks “Flight attendant fatigue, Part I: National duty, rest and fatigue survey,” Federal Aviation Administration, DOT/FAA/AM-09/24 Office of Aerospace Medicine, Washington, DC 20591, 2009.
- [41] G. D. Roach, R. M. A. Petrilli, D. Dawson, and N. Lamond “Impact of layover length on sleep, subjective fatigue levels, and sustained attention of long-haul airline pilots,” *Accident Analysis & Prevention*, 45, 22-26, 2012.
- [42] K. J. Petrie, D. Powell, and E. Broadbent “Fatigue self-management strategies and reported fatigue in international pilots,” *Ergonomics*, 47, 461-468, 2011.
- [43] B. M. Hartzler “Fatigue on the flight deck: the consequences of sleep loss and the benefits of napping,” *Accid Anal Prev*, 62, 309-318, 2014.
- [44] J. Dai, M. Luo, W. Hu, and Z. Wen, “Developing a fatigue questionnaire for Chinese civil aviation pilots,” *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 23,1-13, 2018.
- [45] Jr K. P. Wright, R. K. Bogan, and J. K. Wyatt “Shift work and the assessment and management of shift work disorder (SWD),” *Sleep Med Rev*, 17, 41-54, 2013.
- [46] D. Powell, M. B. Spencer, D. Holland, and K. J. Petrie “Fatigue in two-pilot operations: implications for flight and duty time limitations,” *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79, 1047-1050, 2008.
- [47] A. M. Kelley, K. A. Feltman, and I. P. Curry, “A Survey of Fatigue in Army Aviators,” *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89, 464-468, 2018.
- [48] L. K. Barger, K. P. Wright Jr, R. J. Hughes, and C. A. Czeisler, “Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light,” *American Journal of Psychology*, 286, R1077-1084, 2004.