

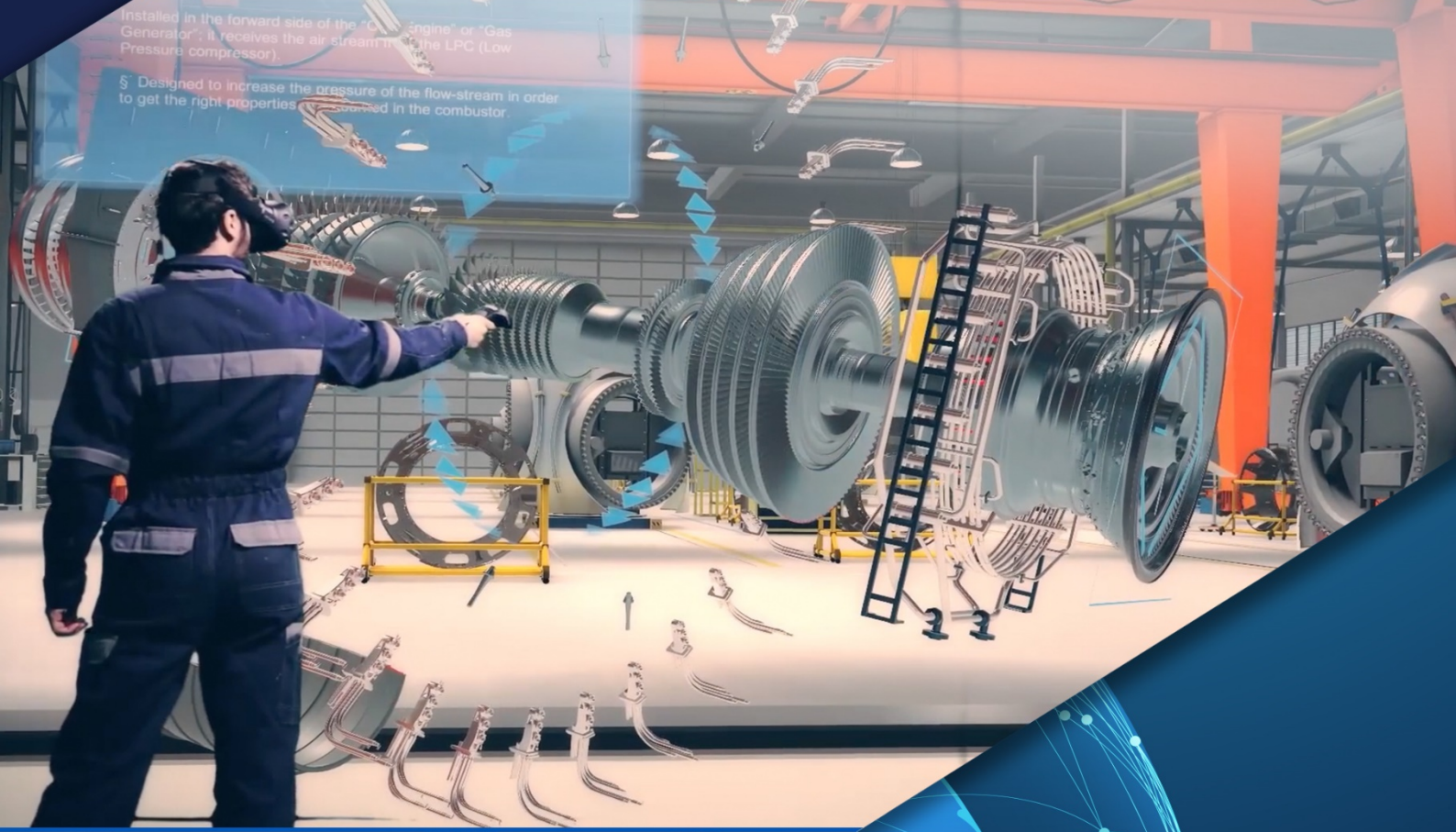
JAV

e-ISSN: 2587-1676



Installed in the forward side of the "Compressor" or "Gas Generator", it receives the air stream from the LPC (Low Pressure compressor).

§ Designed to increase the pressure of the flow-stream in order to get the right properties of the air in the combustor.



JOURNAL
OF AVIATION

Volume 4 - Issue 1

June 2020

dergipark.gov.tr/jav

www.javsci.com



Journal of Aviation (J Aviat)

JAV Uluslararası Bilimsel Hakemli Havacılık Dergisi

Haziran/June

e-ISSN: 2587-1676

Cilt/Volume: 4 Sayı/Issue:1 Yıl/Year: 2020

Editör/Editor

Assoc. Prof. Dr. Vedat Veli Çay (Dicle University, Turkey)

Alan Editörleri / Section Editor

Prof. Dr. Özlem Atalık (Anadolu University, Turkey)
Prof. Dr. Mustafa Taşkın (Mersin University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Ömer Osman Dursun (Fırat University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Bahri Baran Koçak (Dicle University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Yusuf Er (Fırat University, Turkey)

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. Sukumar Senthilkumar (Chon Buk National University, South Korea)
Prof. Dr. Nicolas Avdelidis, (Universite Laval, Canada)
Prof. Dr. Tarcisio Saurin (Federal do Rio Grande do Sul Unv. Brazil)
Prof. Dr. Mary Johnson (Purdue University, United States)
Prof. Dr. Özlem Atalık (Anadolu University, Turkey)
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. Melih Cemal Kuşhan (Eskişehir Osmangazi University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Matilde Scaramucci (Estadual Campinas Unv., SP, Brazil)
Assoc. Prof. Dr. Ümit Deniz Göker (National Defense University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Kumar Shanmugam (Masdar Institute of Science & Technology, Abu Dhabi, UAE)
Assoc. Prof. Dr. Sonjoy Das (Buffalo University, United States)
Assoc. Prof. Dr. Önder Altuntaş (Anadolu University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Ferhan Kuyucak Şengür (Anadolu University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Uğur Soy (Sakarya University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Hüseyin Tamer Hava (Milli Savunma University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Haşim Kafalı (Muğla University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Fatih Koçyiğit (Dicle University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Üyesi Mustafa Yeniad (Yıldırım Beyazıt University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Tolga Tüzün İnan (Gelişim University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Bahri Baran Koçak (Dicle University, Turkey)



e-ISSN: 2587-1676

J Aviat 2020; 4(1)

Asst. Prof. Dr. Kasım Kiracı (Iskenderun Technical University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Akansel Yalçınkaya (Medeniyet University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Cengiz Mesut B ke  (Bahçeşehir University, Turkey)
Asst. Prof. Dr. Salvatore Brischetto (Polytechnic University of Turin, Italy)
Dr. Hikmat Asadov (Azerbaijan National Aerospace Agency)
Dr. Bilal Kılıç (Ozyegin University, Turkey)
Dr. Marco Linz (EBS University, Germany)

Journal of Aviation (JAV) T B TAK ULAKB M DERG PARK sistemi bünyesinde faaliyet gösteren Uluslararası Hakemli bir dergidir. Dergide yayımlanan yazıların sorumlulu u yazarlara aittir.

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.org.tr/jav> - www.javsci.com
journalofaviation@gmail.com - info@javsci.com
ISSN: 2587-1676

İçindekiler/Contents

-Araştırma Makalesi / Research Article-

Sequential Quadratic Optimization of Aeroelastic Energy of Twin-Engine Wing System with Curvilinear Fiber Path Touraj FARSADI, Davood ASADI	1-14
Investigation of the Effect of Differential Morphing on Forward Flight by Using PID Algorithm in Quadrotors Oğuz KÖSE, Tuğrul OKTAY	15-21
Unmanned Aerial Vehicle Production with Additive Manufacturing Ebubekir KOÇ, Cemal İrfan ÇALIŞKAN, Mert COŞKUN, Hamaid Mahmood KHAN	22-30
Aerodynamic Analysis of Morphing Winglets for Improved Commercial Aircraft Performance Erdoğan KAYGAN	31-44
Emniyet Yönetim Sistemi Uygulamalarının Kurumsal İmaj Üzerindeki Etkileri: Uçuş Eğitim Organizasyonlarında Bir Araştırma <i>Effects of Safety Management System Applications on Corporate Image: A Research in Flight Training Organizations</i> Ahmet TEKE, Halil ŞİMŞEK	45-60
Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Augmented Reality Use in Aircraft Maintenance Training</i> Mehmet Ali EGİNLİ, Yavuz NACAĞLI	61-78
Sportif Havacılık İçin Düşük Maliyetli, Kullanışlı Variometre Tasarımı ve Gerçekleştirimi <i>Realization of Low Cost Useful Variometer Application for Sportive Aviation</i> Emin Tugay KEKEÇ, Mehmet KONAR, Fatma YILDIRIM DALKIRAN	79-88
Sivil Havacılık Sektöründe Uçuş Güvenlik Görevlisi Uygulamaları Üzerine Kavramsal Bir Araştırma <i>Conceptual Research on In Flight Security Officer Practices in Civil Aviation</i> Ramazan ÇOBAN, Sultan İPEK	89-102
Personnel Licencing in Aviation Authorities: An Implementation in Faculty of Aeronautics and Astronautics of Anadolu University Savaş S. ATEŞ, Haşim KAFALI	103-114
The Effects of New Generation Technologies on The Sales and Marketing Strategies of Airline Companies - A Case Study in Turkey Ömür METE, Mertol İ. GÖKSOY	115-125
Hava Yolu İşletmelerinde Uçuş Güvenliği Uygulamaları ve İyileştirme Önerileri <i>Flight Security Applications In The Airline Companies and Practical Recommendations</i> M.Melih BAŞDEMİR	126-146
-Derleme Makalesi / Review Article-	
Hava Trafik Kontrol Acil Durum Yönetimi Simülasyonlu Eğitim Uygulamalarında Probleme Dayalı Öğrenme Yönteminin Kullanımı: Kuramsal Bir Bakış <i>Emergency Management Simulation Practices with Problem Based Learning Method in Air Traffic Control Training: Theoretic Approach</i> Uğur TURHAN, Birsen AÇIKEL, Tarık GÜNEŞ	147-161
Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması <i>Using Renewable Energy Sources in Airports</i> Ömer Faruk YILDIZ, Mehmet YILMAZ, Adem ÇELİK, Edip İMİK	162-174

Sequential Quadratic Optimization of Aeroelastic Energy of Twin-Engine Wing System with Curvilinear Fiber Path

Touraj FARSADI^{1*} , Davood ASADI² 

Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Turkey.

ABSTRACT

In the present study, the aeroelastic energy response of a twin-engine composite wing system is optimized based on sequential quadratic programming (SQP) method. The variable stiffness is acquired by constructing laminates of thin wall beam (TWB) with curvilinear fibers having prescribed paths. In order to account the effect of spanwise locations and mass of the engines on the aeroelastic characteristics of TWB, the novel governing equations of motion are obtained using Hamilton's variational principle. The paper aims to exploit desirable fiber paths with improved aeroelastic properties for different twin-engine wing configuration. Ritz based solution methodology is employed to solve the equations with coupled incompressible unsteady aerodynamic model based on Wagner's function. A novel optimization strategy based on the total energy of the aeroelastic system is introduced. The proposed total energy, as a cost function, is minimized in terms of four optimization variables of two engine's locations and wing structure curvilinear fiber angle with two design parameters. The total energy is obtained by integrating responses of kinetic and potential energy in a specific time interval. The minimum total energy is an indication of ideal optimization variables which leads to the optimum flutter performance. Numerical results demonstrate the effectiveness of the optimization variables on the total energy of the aeroelastic system and determine the optimal values of introduced variables in case of minimum total energy and improved aeroelastic characteristics.

Keywords: aeroelastic optimization, sequential quadratic programming, twin engine-wing system, composite thin walled beam, curvilinear fiber path

1. Introduction

In aircraft design, engine positioning is a challenging task that highly affects the aircraft configuration and characteristics. Engine positioning has major consequences on the aircraft's weight, balance, aerodynamics, structural design, vibration, stability, handling quality, accessibility, maintainability and safety. In fact,

several parameters must be considered in determining appropriate locations of engines. For instance, inlet requirements and the resulting effect on engine efficiency dominantly influence the location of engine. Another dominant factor affecting the engine location is the aeroelastic considerations. In modern aviation, various aircraft configurations usually have high-aspect-ratio wings

Corresponding Author: Touraj FARSADI tfarsadi@atu.edu.tr

Citation: Farsadi T., Asadi D. (2020). Sequential Quadratic Optimization of Aeroelastic Energy of Twin-Engine Wing System with Curvilinear Fiber Path J. Aviat. 4 (1), 1-14.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-0772-3992>; ² <https://orcid.org/0000-0002-2066-6016>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.668240>

Received: 31 December 2019 **Accepted:** 4 June 2020 **Published (Online):** 22 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

under which the engines are mounted. In fact, wing–engine configuration has attracted aircraft designers since this configuration provide a significant bending relief on the wing, allowing better wing structure design, and therefore leads to thinner wings with less aerodynamic drag. Besides the aforementioned benefit, the mass and thrust of the engine couple with the aerodynamics and structure of the wing and cause substantial effects on the wing structural frequencies and the flutter speed [1]. The aeroelastic stability of a high-aspect-ratio wing subjected to thrust force has been analyzed by Hodges et. al. [2]. The results demonstrated the effects of thrust magnitude and the ratio of wing bending stiffness to torsional stiffness on the aeroelastic instabilities of the wing. Mardanpour et. al. [3, 4] derived the desired spanwise location of engines and investigated the effect of multiple engine placements on the flying wing geometry. They concluded that the flutter speed considerably increases when the engines are located forward of the wing elastic axis. The influence of engine thrust and arbitrarily engine locations on the flutter boundaries of a cantilever beam model were also investigated in [5-7].

In order to have slender and lighter wing structure, advanced composite materials with thin walled beams (TWBs) structure has been developed. Application of TWBs in aircraft wings as a *load carrying part* of the wing and studying their dynamic behavior has been the topic of many researches [8-13]. Librescu [9] thoroughly investigated the theoretical foundations of composite TWBs and derived the necessary relations. The key point in the composite TWBs is that the desired mechanical and aeroelastic behavior of the structure can be achieved by optimizing and tailoring the directional strength and stiffness of the composite material [14-19]. Initially, the curved fibers were used by Gurdal et al. [20] to vary stiffnesses of rectangular composite plates. Later, Gurdal [21] studied the effects of fiber path definitions on in-plane and out-of-plane response characteristics of flat rectangular variable stiffness laminates. The concept of variable stiffness composites with curvilinear fibers were also investigated in several literatures [22, 23] where the optimization of curvilinear fibers was investigated in designing the composite TWB.

The aircraft structure performance is significantly dependent on the part and quality of the advanced composites used in aircraft. However, it is difficult to achieve good designs of the

composites in aircraft structure to guarantee requirements for different missions [24]. Therefore, to fully explore the directional properties of curvilinear fiber composites, the designable ability of aero-structure performance, it is necessary to introduce the principle of optimization to the composite structure design [25-27].

This paper extends the author's previous work [28] on aeroelastic behavior of TWB composite wing- single engine system flutter speed instabilities by optimizing the aeroelastic energy of the twin-engine wing system with variable stiffness. In the present study, the curvilinear fiber paths of a high aspect ratio wing modeled as a thin-walled composite wing carrying two powered engines, arbitrarily located along the wing span, are optimized to achieve the minimum aeroelastic energy which leads to maximum flutter performance. In fact, the wing structure initial and final fiber angles as well as two engines spanwise positions have been considered as the optimization variables. The novel equations of motion that account for the effects of engine mass and thrust force on a composite TWB model with variable curvilinear fibers are discussed. A novel optimization strategy based on the total energy of the aeroelastic system is introduced. The proposed total energy, as a cost function, is minimized in terms of four variables of two engine locations and wing structure two curvilinear fiber angle parameters.

The aeroelastic stabilities of the twin-engine wing system are improved by optimizing the composite fiber paths for different spanwise locations of engines. The governing equations of motion of the twin-engine wing system are obtained utilizing the Hamilton's principle along with a coupled incompressible unsteady aerodynamic model based on Wagner's function. Variable stiffness is acquired by constructing laminates of the walls of the TWB with curvilinear fibers having prescribed paths. Aeroelastic response of the composite wing is performed by means of a Ritz based solution methodology. Asymmetric layup configuration accounts for flapwise bending-torsion coupling which is utilized in load alleviation.

2. Structural Model and Kinematic Relations

As shown in Figure 1, thin walled beam (TWB) studied in this paper is composed of a single cell with straight edges according to Librescu beam theory. The structural model considered is similar to the model developed in Refs. [10, 13, 28] in linear form. For a detailed description of the original structural model, the reader is referred to the

mentioned references. The TWB model has a length of L , width of l , height of d , and wall thickness of h . As shown in Figure 1, two different coordinate systems are used in mathematical modeling. A Cartesian fixed coordinate system (x, y, z) which is placed at the root, and a local coordinate system (s, n, z) . In the local axes, n represents the coordinate axis perpendicular to the tangential coordinate axis s and the origin is at the mid-plane of the wall thickness of the TWB. θ is the angle that fibers make with s axis.

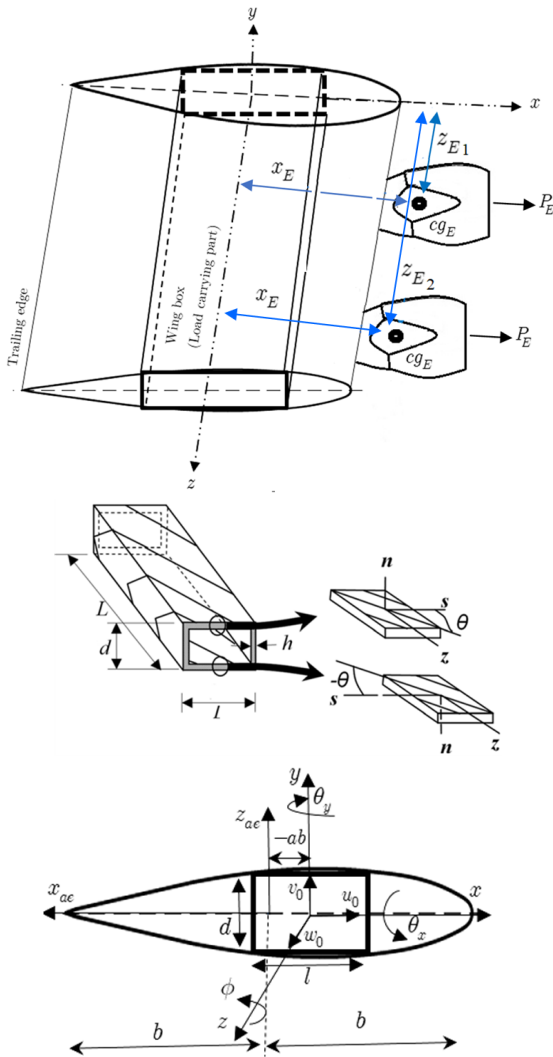


Figure 1. Schematic description of the twin-engine wing system and wing box modelled as TWB and its cross section

As illustrated in Figure 1, in mathematical modeling of the twin-engine wing system, the C.G location of the engines measured from the box shear center and root, is denoted by x_E, z_{E1} and z_{E2} in x and z directions, respectively. Note that the C.G distance in y direction is considered to be very small and negligible.

In deriving the governing equations of motion, basic assumptions in the present study follow those of Ref [9]. The linear displacements of any generic point on the beam (u, v, w) are described in terms of the displacements $u_0, v_0,$ and w_0 rotation angles θ_x, θ_y and ϕ as,

$$\begin{aligned} u &= u_0(z, t) - y\phi(z, t) \\ v &= v_0(z, t) + x\phi(z, t) \\ w &= w_0(z, t) + \left(x + n \frac{dy}{ds} \right) \theta_y(z, t) + \\ &\left(y - n \frac{dx}{ds} \right) \theta_x(z, t) - [F_w(s) + na(s)] \phi'(z, t) \end{aligned} \quad (1)$$

where,

$$\begin{aligned} \theta_x(z, t) &= \gamma_{yz}(z, t) - v'_0(z, t) \\ \theta_y(z, t) &= \gamma_{xz}(z, t) - u'_0(z, t) \end{aligned} \quad (2)$$

where, u_0, v_0 and w_0 are the translations of the shear center of the thin walled beam in x, y and z directions, and θ_x, θ_y and ϕ are the rotations about x, y and z axes, respectively. Additionally, $\gamma_{yz}(z, t), \gamma_{xz}(z, t)$ represent the transverse shear strains. In Eqs. (1) and (2) prime sign denotes differentiation with respect to the z direction. $F_w(s)$ and $na(s)$ are the primary and secondary warping functions that are given in [10].

Figure 2 illustrates the displacements and the rotations of the TWB cross section with respect to the x, y, z coordinate system established at the root of the TWB.

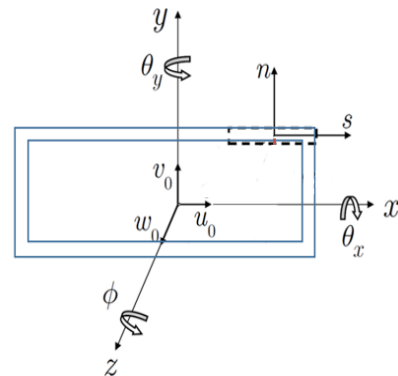


Figure 2. Cross-section of the TWB showing the displacements and rotations

The axial strains associated with the displacement field is,

$$\begin{aligned} \varepsilon_{zz}(n, s, z, t) &= \varepsilon_{zz}^0(s, z, t) + n\varepsilon_{zz}^n(s, z, t) \\ \varepsilon_{zz}^0(s, z, t) &= w'_0(z, t) + \theta'_x(z, t)y(s) + \theta'_y(z, t)x(s) \\ &\quad - \phi''(z, t)F_w(s) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{zz}^n(s, z, t) = \theta'_y(z, t)\frac{dy}{ds} - \theta'_x(z, t)\frac{dx}{ds} - \phi''(z, t)a(s)$$

The tangential shear strain components can be defined as,

$$\begin{aligned} \gamma_{sz}(s, z, t) &= \gamma_{sz}^0(s, z, t) + 2\frac{A_C}{S}\phi'(z, t), \\ \gamma_{sz}^0(s, z, t) &= [u'_0(z, t) + \theta_y(z, t)]\frac{dx}{ds} + [v'_0(z, t) + \theta_x(z, t)]\frac{dy}{ds}, \\ \gamma_{nz}(s, z, t) &= [u'_0(z, t) + \theta_y(z, t)]\frac{dy}{ds} - [v'_0(z, t) + \theta_x(z, t)]\frac{dx}{ds}, \end{aligned} \quad (4)$$

where $\varepsilon_{zz}^0, \gamma_{sz}^0$ are the normal and shear strain components on the mid-surface of the box beam, respectively. A_C is the area enclosed by the midline contour and S is the contour's perimeter.

2.1. Constitutive relations

The contracted form of relationship between the stresses and strains in a layer can be expressed in terms of the reduced stiffness coefficients \bar{Q}_{ij} of the k^{th} layer of the composite TWB according to Eq. 5.

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{ss} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{nz} \\ \sigma_{sn} \\ \sigma_{sz} \end{Bmatrix}_{(k)} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & 0 & 0 & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{21} & \bar{Q}_{22} & 0 & 0 & \bar{Q}_{26} \\ 0 & 0 & \bar{Q}_{44} & \bar{Q}_{45} & 0 \\ 0 & 0 & \bar{Q}_{54} & \bar{Q}_{55} & 0 \\ \bar{Q}_{61} & \bar{Q}_{62} & 0 & 0 & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{ss} \\ \varepsilon_{zz} \\ \gamma_{nz} \\ \gamma_{sn} \\ \gamma_{sz} \end{Bmatrix}_{(k)} \quad (5)$$

The \bar{Q}_{ij} components are used to transform the stiffness coefficients from the principle axes to the material axes. All the above components are defined explicitly in Ref [13]. The 2D first order force and moment resultants of the cross-section of the TWB are defined in terms of the 3D stresses. These terms are derived by integrating the 3D stresses in thickness direction.

3. Twin-Engine Wing System Equations

Governing equations of motion are determined using the Hamilton's principle as below;

$$\delta H = \int_{t_1}^{t_2} \delta \left(\begin{matrix} T_w - V_w + W_{ae} \\ T_e - V_e + W_e \end{matrix} \right) dt = 0 \quad (6)$$

where T, V , and W are the total kinetic energy, strain energy, and the work done by external forces. The subscripts w, e and ae stand for wing, engine and aerodynamic loads, respectively.

3.1. Kinetic energy of wing-engine system

Variation of the kinetic energy of the wing-beam model is expressed as,

$$\begin{aligned} T_w &= \frac{1}{2} \int_0^L \oint_C \sum_{k=1}^{m_l} \int_{n_{k-1}}^{n_k} \rho \dot{R}^2 dn ds dz \\ \delta T_w &= \int_0^L \oint_C \sum_{k=1}^{m_l} \int_{n_{k-1}}^{n_k} \rho \dot{R} \delta \dot{R} dn ds dz = \\ &\quad \int_0^L \oint_C \sum_{k=1}^{m_l} \int_{n_{k-1}}^{n_k} \rho \ddot{R} \delta R dn ds dz \end{aligned} \quad (7)$$

In the above equation, ρ is the average mass density, m_l and n_k are the number of layers and thickness of each layer, respectively. R is the position vector of an arbitrary point on the TWB which is defined as,

$$R = (x + u)\hat{i} + (y + v)\hat{j} + (z + w)\hat{k} \quad (8)$$

where u, v, w are displacement components according to Eq. 1.

The kinetic energy due to the engine weight (T_e) is defined as,

$$\begin{aligned} T_e &= \left[\begin{aligned} &M_{E1}(\vec{R}_{e1} \cdot \vec{R}_{e1}) + \\ &M_{E1} \left(\kappa_{\phi 1}^2(\vec{\phi} \cdot \vec{\phi}) + \kappa_{\theta x 1}^2(\vec{\theta}_x \cdot \vec{\theta}_x) + \kappa_{\theta y 1}^2(\vec{\theta}_y \cdot \vec{\theta}_y) \right) \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E1}) + \\ &\left[\begin{aligned} &M_{E2}(\vec{R}_{e2} \cdot \vec{R}_{e2}) + \\ &M_{E2} \left(\kappa_{\phi 2}^2(\vec{\phi} \cdot \vec{\phi}) + \kappa_{\theta x 2}^2(\vec{\theta}_x \cdot \vec{\theta}_x) + \kappa_{\theta y 2}^2(\vec{\theta}_y \cdot \vec{\theta}_y) \right) \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E2}) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \delta T_e &= \left[\begin{aligned} &M_{E1}(\vec{R}_{e1} \cdot \delta \vec{R}_{e1}) + \\ &M_{E1} \left(\kappa_{\phi 1}^2(\vec{\phi} \cdot \delta \phi) + \kappa_{\theta x 1}^2(\vec{\theta}_x \cdot \delta \theta_x) + \kappa_{\theta y 1}^2(\vec{\theta}_y \cdot \delta \theta_y) \right) \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E1}) + \\ &\left[\begin{aligned} &M_{E2}(\vec{R}_{e2} \cdot \delta \vec{R}_{e2}) + \\ &M_{E2} \left(\kappa_{\phi 2}^2(\vec{\phi} \cdot \delta \phi) + \kappa_{\theta x 2}^2(\vec{\theta}_x \cdot \delta \theta_x) + \kappa_{\theta y 2}^2(\vec{\theta}_y \cdot \delta \theta_y) \right) \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E2}) \end{aligned}$$

where, $M_E, \kappa_{\phi}, \kappa_{\theta x}$ and $\kappa_{\theta y}$ are the first and second engine mass and radius of gyration about z, x and y axes respectively. The displacement vector of the engine position (\vec{R}_e) due to the wing deformation is [14],

$$\begin{aligned} \vec{\mathbf{R}}_e &= \\ u_0 i + v_0 j + (w_0 + z_E) k + (x_E + x_e) i_e \\ &+ y_e j_e + z_e k_e \\ \vec{\mathbf{R}}_e &= \\ &= (u_0 + x_E + x_e - y_e \phi - z_e \theta_y) i + \\ &(v_0 + y_e + (x_E + x_e) \phi - z_e \theta_x) j + \\ &(w_0 + z_E + z_e + (x_E + x_e) \theta_y + y_e \theta_x) k \end{aligned} \quad (10)$$

where,

$$\begin{pmatrix} i_e \\ j_e \\ k_e \end{pmatrix} \approx \begin{bmatrix} 1 & \phi & \theta_y \\ \phi & 1 & \theta_x \\ -\theta_y & -\theta_x & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} \quad (11)$$

Finally, the variation of the kinetic energy due to engine weight is obtained as,

$$\begin{aligned} \delta T_e &= \\ &\left[\begin{aligned} &M_{E1} \ddot{u}_0 \delta u_0 + \\ &(M_{E1} \ddot{v}_0 + M_{E1} x_E \ddot{\phi}) \delta v_0 + \\ &(M_{E1} \ddot{w}_0 + M_{E1} x_E \ddot{\theta}_y) \delta w_0 + \\ &(M_{E1} \kappa_{\theta x 1}^2 \ddot{\theta}_x) \delta \theta_x + \\ &\left(M_{E1} x_E \ddot{w}_0 + \right. \\ &\left. (M_{E1} x_E^2 + M_{E1} \kappa_{\theta y 1}^2) \ddot{\theta}_y \right) \delta \theta_y + \\ &\left(M_{E1} x_E \ddot{v}_0 + \right. \\ &\left. (M_{E1} x_E^2 + M_{E1} \kappa_{\phi 1}^2) \ddot{\phi} \right) \delta \phi \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E1}) \\ &\left[\begin{aligned} &M_{E2} \ddot{u}_0 \delta u_0 + \\ &(M_{E2} \ddot{v}_0 + M_{E2} x_E \ddot{\phi}) \delta v_0 + \\ &(M_{E2} \ddot{w}_0 + M_{E2} x_E \ddot{\theta}_y) \delta w_0 + \\ &(M_{E2} \kappa_{\theta x 2}^2 \ddot{\theta}_x) \delta \theta_x + \\ &\left(M_{E2} x_E \ddot{w}_0 + \right. \\ &\left. (M_{E2} x_E^2 + M_{E2} \kappa_{\theta y 2}^2) \ddot{\theta}_y \right) \delta \theta_y + \\ &\left(M_{E2} x_E \ddot{v}_0 + \right. \\ &\left. (M_{E2} x_E^2 + M_{E2} \kappa_{\phi 2}^2) \ddot{\phi} \right) \delta \phi \end{aligned} \right] \delta_D(z - z_{E2}) \end{aligned} \quad (12)$$

3.2. Potential energy of wing-engine system

The strain energy in terms of the non-zero 3D stress and strain components can be expressed as,

$$\begin{aligned} V_w &= \\ \frac{1}{2} \int_0^L \oint_C \sum_{k=1}^{m_k} \int_{n_{k-1}}^{n_k} &\left[\sigma_{zz} \varepsilon_{zz} + \sigma_{sz} \varepsilon_{sz} + \right. \\ &\left. \sigma_{nz} \varepsilon_{nz} \right] dn ds dz \end{aligned} \quad (13)$$

where, the integral is taken over the whole cross-section of the beam and it is assumed that the wing has a length of L . Utilizing the strain displacement relations and taking the integral along the wall

thickness and along the contour of the cross-section of the TWB, the strain energy due to the deformation of the wing caused by the internal forces can be expressed as,

$$\begin{aligned} V_w &= \\ \frac{1}{2} \int_0^L &\left[T_z w'_0 + Q_x (\theta_y + u'_0) + Q_y (\theta_x + v'_0) + \right. \\ &\left. M_y \theta'_y + M_x \theta'_x + M_z \phi' + B_w \phi'' \right] dz \end{aligned} \quad (14)$$

where T_z (axial force), Q_x (chordwise shear force), Q_y (flap-wise shear force), M_x (flap-wise bending moment), M_y (chordwise bending moment), M_z (Saint-Venant twist moment), and B_w (bi-moment or warping torque). One dimensional beam force and moment resultants and their generalized strain counterparts, are related to each other through Eq. (15). Details of force and moment resultants are explicitly defined in our previous study [10, 13].

$$\begin{aligned} \{F\} &= [A] \{D\} \rightarrow \\ \begin{Bmatrix} T_z \\ Q_x \\ Q_y \\ M_y \\ M_x \\ M_z \\ B_w \end{Bmatrix} &= [a_{ij}]_{7 \times 7} \begin{Bmatrix} w'_0 \\ (u'_0 + \theta_y) \\ (v'_0 + \theta_x) \\ \theta'_y \\ \theta'_x \\ \phi' \\ -\phi'' \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad (15)$$

where F, A, D are the one dimensional beam forces and moment resultants, the resulting stiffness matrix, and generalized strain, respectively. For a single cell thin walled beam, stiffness coefficients a_{ij} are given by the contour integral of the stiffness coefficients as shown in [13]. Potential energy due to engine thrust is given as,

$$\begin{aligned} V_e &= \int_0^{z_{E1}} [P_{E1}(z_{E1} - z)(u''_0 + \phi v''_0)] dz + \\ &\int_0^{z_{E2}} [P_{E2}(z_{E2} - z)(u''_0 + \phi v''_0)] dz \end{aligned} \quad (16)$$

where, P_E is the first and second engine thrusts.

The variation of the potential energy due to thrust force is obtained as,

$$\delta V_e = \int_0^{z_{E1}} \left[P_{E1}(z_{E1} - z) \delta u_0'' + P_{E1}(z_{E1} - z) \phi \delta v_0'' + P_{E1}(z_{E1} - z) v_0'' \delta \phi \right] dz + \int_0^{z_{E2}} \left[P_{E2}(z_{E2} - z) \delta u_0'' + P_{E2}(z_{E2} - z) \phi \delta v_0'' + P_{E2}(z_{E2} - z) v_0'' \delta \phi \right] dz \quad (17)$$

3.3. External works includes aerodynamic and engine thrust

The work done by the external unsteady aerodynamic force and moment is expressed by,

$$W_{ae} = \int_0^L [L_{ae}(z, t) v_0(z) + M_{ae}(z, t) \phi(z)] dz \quad (18)$$

where v_0 and ϕ are plunging and pitching motions, respectively. L_{ae} and M_{ae} denote the unsteady aerodynamic lift force and pitching moment which are defined according to Ref [10] as below:

$$L_{ae}(z, t) = -\pi \rho_\infty b^2 (\ddot{v}_0 - U \dot{\phi} + ba \ddot{\phi}) - C_{L_\phi} \rho_\infty U b \left[\frac{b}{2} \left(\frac{C_{L_\phi}}{\pi} - 1 \right) \dot{\phi} - \sum_{i=1}^2 \alpha_i B_i(z, t) \right] \quad (19)$$

$$M_{ae}(z, t) = -\pi \rho_\infty b^3 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_{L_\phi}}{\pi} - 1 \right) U \dot{\phi} - U a \dot{\phi} + a \ddot{v}_0 + b \left(\frac{1}{8} + a^2 \right) \ddot{\phi} \right] - C_{L_\phi} \rho_\infty U b^2 \left(\frac{1}{2} + a \right) \left[\frac{b}{2} \left(\frac{C_{L_\phi}}{\pi} - 1 \right) \dot{\phi} - \sum_{i=1}^2 \alpha_i B_i(z, t) \right] \quad (20)$$

In the above equations, ρ_∞, b, U are the air density, wing semi-chord length, and free stream speed, respectively. B_i terms have to satisfy Eq. (21). α_i and β_i are known as Wagner's function.

$$\dot{B}_i + \beta_i \frac{U}{b} B_i = \dot{w}_{0.75c}(z, t); i = 1, 2 \quad (21)$$

$$\dot{w}_a(x, y, t) = \ddot{v}_0 - U \dot{\phi} + (ba - x_{ae}) \ddot{\phi}$$

The variation of the virtual work due to thrust force is given by,

$$\delta W_e = \int_0^L \hat{P}_1 \cdot \delta \vec{R}_{e1} \delta_D(z - z_{E1}) dz + \int_0^L \hat{P}_2 \cdot \delta \vec{R}_{e2} \delta_D(z - z_{E2}) dz \quad (22)$$

Where, the thrust force \hat{P} can be simplified in the inertial coordinate system as,

$$\hat{P} = P_E i + P_E \phi j - (P_E \theta_y) k \quad (23)$$

Substituting the engine position vector into Eq. (22), the vibrational form of virtual work due to the thrust force can be formulated as,

$$\delta W_e = - \int_0^L \left[-P_{E1} \phi \delta v_0 + P_{E1} \theta_y \delta w_0 - P_{E1} x_E \theta_y \delta \theta_y - P_{E1} x_E \phi \delta \phi \right] \delta_D(z - z_{E1}) dz + - \int_0^L \left[-P_{E2} \phi \delta v_0 + P_{E2} \theta_y \delta w_0 - P_{E2} x_E \theta_y \delta \theta_y - P_{E2} x_E \phi \delta \phi \right] \delta_D(z - z_{E2}) dz \quad (24)$$

3.4. Aeroelastic governing equation of motion

The wing box is assumed to have the layup configuration of Circumferentially Asymmetric Stiffness (CAS) according to Figure 1. Definition of fiber angles, the stiffness coefficients, coupling stiffness, and the mass/inertia terms of the layup are according to our previous study and the details can be found in Ref. [10, 13].

After quite burdensome manipulation of formulas, the integral form of equation of motion for the TWB composite twin-engine wing system with CAS configuration is obtained as;

$$\int_0^L \left(\begin{matrix} f_1(\Delta) \delta u_0 + f_2(\Delta) \delta u_0' \\ f_3(\Delta) \delta v_0 + f_4(\Delta) \delta v_0' + \\ f_5(\Delta) \delta w_0 + f_6(\Delta) \delta w_0' + \\ f_7(\Delta) \delta \theta_x + f_8(\Delta) \delta \theta_x' + \\ f_9(\Delta) \delta \theta_y + f_{10}(\Delta) \delta \theta_y' + \\ f_{11}(\Delta) \delta \phi + f_{12}(\Delta) \delta \phi' + f_{13}(\Delta) \delta \phi'' \end{matrix} \right) dz + \int_0^{z_{E1}} (f_{14}(\Delta) \delta v_0'' + f_{15}(\Delta) \delta \phi) dz + \int_0^{z_{E2}} (f_{16}(\Delta) \delta v_0'' + f_{17}(\Delta) \delta \phi) dz = 0 \quad (25)$$

where Δ is defined as $\Delta = \{u_0, v_0, w_0, \theta_x, \theta_y, \phi\}$; moreover, the function $f_i; i = 1...14$ are given by;

$$f_1(\Delta) = b_1 \ddot{u}_0 + M_{E1} \ddot{u}_0 \delta_D(z - z_{E1}) + M_{E2} \ddot{u}_0 \delta_D(z - z_{E2})$$

$$f_2(\Delta) = a_{22}(\theta_y + u'_0) + a_{12}w'_0$$

$$f_3(\Delta) = b_1 \ddot{v}_0 + M_{E1}(\ddot{v}_0 + x_E \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E1}) + M_{E2}(\ddot{v}_0 + x_E \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E2}) - P_{E1} \phi \delta_D(z - z_{E1}) - P_{E2} \phi \delta_D(z - z_{E2}) - L_{ae}$$

$$f_4(\Delta) = a_{33}(\theta_x + v'_0) - a_{37} \phi''$$

$$f_5(\Delta) = b_1 \ddot{w}_0 + M_{E1}(\ddot{w}_0 + x_E \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E1}) + M_{E2}(\ddot{w}_0 + x_E \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E2}) + P_{E1} \theta_y \delta_D(z - z_{E1}) + P_{E2} \theta_y \delta_D(z - z_{E2}) \quad (26)$$

$$f_6(\Delta) = a_{11}w'_0 + a_{12}(\theta_y + u'_0)$$

$$f_7(\Delta) = a_{33}(v'_0 + \theta_x) - a_{37} \phi'' + (b_4 + b_{12}) \ddot{\theta}_x + M_{E1} \kappa_{\theta x 1}^2 \ddot{\theta}_x \delta_D(z - z_{E1}) + M_{E2} \kappa_{\theta x 2}^2 \ddot{\theta}_x \delta_D(z - z_{E2})$$

$$f_8(\Delta) = a_{55} \theta'_x + a_{56} \phi'$$

$$f_9(\Delta) = a_{12}w'_0 + a_{22}(u'_0 + \theta_y) + (b_5 + b_{11}) \ddot{\theta}_y + M_{E1}(x_E \ddot{w}_0 + (x_E^2 + \kappa_{\theta y 1}^2) \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E1}) + M_{E2}(x_E \ddot{w}_0 + (x_E^2 + \kappa_{\theta y 2}^2) \ddot{\theta}_y) \delta_D(z - z_{E2}) - P_{E2} x_E \theta_y \delta_D(z - z_{E2})$$

$$f_{10}(\Delta) = a_{44} \theta'_y$$

$$f_{11}(\Delta) = (b_4 + b_{12} + b_5 + b_{11}) \ddot{\phi} - P_{E1} x_E \phi \delta_D(z - z_{E1}) - P_{E2} x_E \phi \delta_D(z - z_{E2}) + \left(M_{E1} x_E \ddot{v}_0 + (M_{E1} x_E^2 + M_{E1} \kappa_{\phi 1}^2) \ddot{\phi} \right) \delta_D(z - z_{E1}) + \left(M_{E2} x_E \ddot{v}_0 + (M_{E2} x_E^2 + M_{E2} \kappa_{\phi 2}^2) \ddot{\phi} \right) \delta_D(z - z_{E2}) - M_{ae}$$

$$f_{12}(\Delta) = a_{66} \phi' + a_{56} \theta'_x - b_{10} \ddot{\phi}'$$

$$f_{13}(\Delta) = a_{37}(v'_0 + \theta_x) - a_{77} \phi''$$

$$f_{14}(\Delta) = P_{E1} \phi(z_{E1} - z)$$

$$f_{15}(\Delta) = P_{E1} v''_0(z_{E1} - z)$$

$$f_{16}(\Delta) = P_{E2} \phi(z_{E2} - z)$$

$$f_{17}(\Delta) = P_{E2} v''_0(z_{E2} - z)$$

3.5. Description of variable stiffness

Figure 3. illustrates curvilinear fiber configuration ($\theta = \theta(z)$) in which θ denotes the ply-angle measured from the positive s -axis toward the positive z -coordinate. Fibers start with T_0 angle, varies with x and z distance and end with T_l angle. Thus, two design variables are required in each layer to determine the variation of fiber orientation on the surface of the beam.

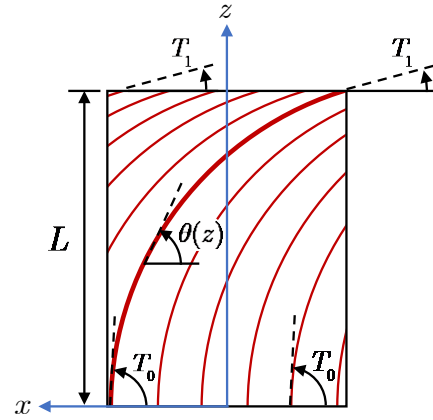


Figure 3. Top view, top spar cap of curvilinear fiber configuration of TWB

As introduced in Ref [18,19], the variation of fiber path for $\theta(z)$ are formulated as,

$$\theta(z) = T_0 + (T_1 - T_0) \left(\frac{z}{L} \right) \quad (27)$$

4. Solution Method

In order to solve the eigenfunctions of TWB with Asymmetric layup, Ritz based solution method utilizing mode shapes of TWB is applied. The mode shapes are used to give the reduced modal matrix R , which is derived from the solution of the state space form of TWB equations of motion, for m right eigenvectors of the system,

$$R_{6N \times m} = \begin{bmatrix} R_{m \times N}^{u^T} & R_{m \times N}^{v^T} & R_{m \times N}^{w^T} & R_{m \times N}^{x^T} & R_{m \times N}^{y^T} & R_{m \times N}^{\phi^T} \end{bmatrix} \quad (28)$$

Seven trial functions, sufficient for convergence of flutter solutions, are used to meet the boundary conditions of clamped-free wing structure. A reduced order model for six degree of freedom $\Delta \in \{u_0, v_0, w_0, \theta_x, \theta_y, \phi\}$ is then introduced in terms of pertinent trial functions ψ^Δ and related reduced modal matrix R^Δ composed of main m right eigenvectors of the modal coordinates as,

$$\Delta(z, t) = \psi^{\Delta T} R^{\Delta} \vartheta(t) \quad (29)$$

Where $\vartheta(t)$ is the generalized modal coordinate vector with dimension of $m \times 1$, R^{Δ} is the reduced modal matrix with dimension of $N \times m$ composed of dominant m right eigenvectors corresponding to any degrees of freedom Δ , and ψ^{Δ} is the vector of trial functions, with dimension of $N \times 1$, corresponding to any degrees of freedom Δ . The test functions for any degrees of freedom are defined by the premultiplication of the vector of the trial functions ψ^{Δ} . The reduced modal matrix $L^{\Delta T}$ is composed of dominant m left eigenvectors corresponding to the translational and rotational degrees of freedom, as below,

$$\delta \Delta(z) = L^{\Delta T} \psi^{\Delta} \quad (30)$$

Modal expansions of the degrees of freedom of the TWB (Eq. (29)) and the variations of the degrees of freedom (Eq. (30)) are substituted into the integral form of the governing equations of motion of Eq. (25). Applying the substitutions results in the following reduced order system of linear equations,

$$M_t \ddot{\vartheta}(t) + C_t \dot{\vartheta}(t) + K_t \vartheta(t) - Z(t) = 0 \quad (31)$$

where M_t, C_t, K_t are the reduced order mass, aerodynamic damping, and stiffness matrices of dimension $m \times m$, respectively, and Z is the reduced order vectors of dimension $m \times 1$ which includes the aerodynamic lag states.

In the resulting reduced order system of equations, if the modal matrices composed of the left (L^T) and the right eigenvectors (R) are factored out, reduced order mass, damping and stiffness matrices in Eq. (31) are defined as,

$$\begin{aligned} M_t &= L^T (M_s + M_{ae}) R \\ C_t &= L^T C_{ae} R \\ K_t &= L^T (K_s + K_{ae}) R \end{aligned} \quad (32)$$

where M_s and K_s are the structural mass, stiffness matrices, and M_{ae}, K_{ae} and C_{ae} are the aerodynamic mass, stiffness, and damping matrices of dimension $6N \times 6N$, respectively. Considering virtual work done by unsteady lift and moment due to aerodynamic lag states, the final form of the aeroelastic system of equations of the CAS

configuration composite wing modelled as TWB can be obtained in state space representation as given in Eq. (33).

$$\begin{bmatrix} C_t & M_t & 0 & 0 \\ I & 0 & 0 & 0 \\ D_1 & D_2 & -I & 0 \\ D_1 & D_2 & 0 & -I \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \vartheta \\ \dot{\vartheta} \\ \hat{B}_1 \\ \hat{B}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_t & 0 & \alpha_1 I & \alpha_1 I \\ 0 & -I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (-\beta_1 U / b) I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (-\beta_2 U / b) I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vartheta \\ \dot{\vartheta} \\ \hat{B}_1 \\ \hat{B}_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (33)$$

Eq. (33) is in the form,

$$A \dot{q}(t) + B q(t) = 0 \quad (34)$$

Where q is the state vector of dimension $4m \times 1$ and A and B are $4m \times 4m$ coefficient matrices defined in Eq. (33). In more compact form, Eq. (34) can be re-written as,

$$\{ \dot{q} \} = [\mathbb{R}] \{ q \} \quad (35)$$

The solution to Eq. (35) is written as,

$$\{ q(t) \} = \{ q_0 \} e^{\lambda t} \quad (36)$$

where $\{ q_0 \}$ is an amplitude vector and λ is the eigenvalue, both of which can be complex quantities. Substituting Eq. (36) into Eq. (35), one obtains the eigenvalue problem as given in Eq. (37),

$$[\mathbb{R}] = \lambda \{ q_0 \} \quad (37)$$

Solution of Eq. (37) yields the eigenvalues λ and the corresponding eigenvectors. Aeroelastic response of the composite wing modeled as TWB is performed in time domain by the direct integration of Eq. (34) using the Runge-Kutta method for the prescribed initial conditions.

5. Optimization Strategy

The main objective of this research is to enhance the aeroelastic response of the flexible wing engine system by optimizing the wing structure fiber angle orientations and the spanwise locations of engines. This section presents optimization problem formulation including optimization variables, cost functions, and constraints. The optimization problem is actually a nonlinear constraint optimization which is solved applying the Sequential Quadratic Programming (SQP) algorithm.

5.1. Cost functions

In the proposed optimization approach a novel energy based cost function is introduced and the optimization variables are optimized to have the minimum value of cost function. The energy expression is defined based on the aeroelastic response of the twin- engine wing system. In fact, lower values of the system total energy are an indication of more appropriate values of structure fiber angle orientations and the engine’s positions respecting the aeroelastic response of wing-engine system during flutter.

The energy cost function is defined based on the total system energy, including the total system strain energy and kinetic energy which are written in matrix form as below;

$$U = \frac{1}{2} q^T K_t q \tag{38}$$

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T M_t \dot{q} \tag{39}$$

According to the above system energy terms, the cost function is defined as the integral summation of strain and kinetic energy as below;

$$I_{CF} = \int_0^t (\frac{1}{2} q^T K_t q + \frac{1}{2} \dot{q}^T M_t \dot{q}) dt \tag{40}$$

Where K_t and M_t are the total structural and aerodynamic stiffness and mass of the twin-engine wing system. I_{CF} is the optimization cost function. The above equation is the system total energy in a specific time interval (0,t). In our optimization procedure an interval of 3 seconds (t=3s) have been considered.

5.2. Optimization variables and constraints

The design variables considered in the optimization procedure in this research includes; the wing structure initial (T_0) and final (T_1) fiber angle orientation, spanwise location of the first engine (z_{E1}) and the second engine (z_{E2}) on the wing. Therefore, the four optimization variables can be expressed as,

$$Optim\,Vars = [T_0, T_1, z_{E1}, z_{E2}] \tag{41}$$

All the design variable can continuously vary inside a specific range depending on logical and geometric constraints. Based on the wing span length, which is 14 m, the first and second engine location is considered to vary in the interval of (2,7)

and (5,13) meters, respectively. The wing structure initial and final fiber angle orientation can vary continuously between zero and -90 degrees. Therefore, all the variables constraints which are the lower and upper bound of variables, can be expressed as below:

$$\begin{aligned} 0 &\leq T_0 \leq -90 \\ 0 &\leq T_1 \leq -90 \\ 2 &\leq z_{E1} \leq 7 \\ 5 &\leq z_{E2} \leq 13 \end{aligned} \tag{42}$$

5.3. Optimization algorithm

After defining and formulating the optimization variables, constraints, and cost function according to previous section, an optimization algorithm should be implemented to solve the problem. In this research, the optimal values of optimization variables have been derived applying Sequential Quadratic Programming (SQP) which is a numerical optimization algorithm. Sequential Quadratic Programming (SQP) is one of the most successful methods for the numerical solution of constrained nonlinear optimization problems. We consider the nonlinear, constrained optimization problem to minimize the objective function which is the total energy of the system, under 4 inequality constraints. In this research, the *fmincon* function with SQP based optimization algorithm of MATLAB version 2019b has been applied to solve the problem on a 16 cores computer of 3.4 GHz processor, and 32 GB memory.

6. Numerical Results

In this section, the above formulation is applied and the numerical results are presented for the aeroelastic stability boundaries of the Asymmetric configuration for TWB composite wing.

To investigate the effect of fiber path function on the aeroelastic characteristics of twin-engine wing system, the most desirable fiber path is calculated for different engine positions on the wing. The goal here is to find the desired fiber path angle to reach the minimum total energy and maximum flutter speed for arbitrary positions of engine.

6.1.Validation of structural and aeroelastic model

In order to validate the structural model of the engine wing system, natural frequencies are compared with those of presented in Ref [14]. Librescu [14] investigated TWB with unidirectional fiber path meaning the same initial and final path angles ($T_0 = T_1$). In his study, wing natural

frequencies under the effect of mass store were explored.

Table 1 represents the natural frequencies of wing-store configuration of Ref [14] and the results of the engine wing configuration (without thrust force) derived in the present paper for different fiber

angles. According to Table 1, the results presented in this paper are satisfactorily close to those of Ref [14]. Less than 2 percentage of difference is observed in the first, second, and third natural frequencies in various fiber angles

Table 1 Natural frequencies with under wing store/engine

1st Frequency			2nd Frequency			3rd Frequency		
θ	Ref [14]	Present	θ	Ref [14]	Present	θ	Ref [14]	Present
90°	3.07	3.09	90°	3.65	3.7	90°	14.77	14.86
75°	2	2.04	75°	5.5	5.57	75°	11.9	12.07
60°	1.4	1.44	60°	6.06	6.1	60°	8.87	9.1
45°	1.02	1.05	45°	5.12	5.16	45°	6.25	6.34
30°	0.9	0.92	30°	4.41	4.49	30°	4.94	5.1
15°	0.88	0.9	15°	3.82	3.9	15°	4.87	5.02

6.2. System energy

This section represents the effect of external engine masses on the total energy of the composite TWB. Note that evaluating engine without the propulsion force can be considered as engine out as well as external stores. For each case of engine position, the minimum total energy is optimized for different fiber path angles. In the numerical results, the wing structure is simulated as a uniform rectangular cross-sectional composite beam, characterized in Table 2. Note that $\bar{M} (\equiv M_E / (b_1|_{\theta=45^\circ} \times L))$ and

$\bar{P} (\equiv P_E L^2 / \sqrt{a_{55}|_{\theta=45^\circ} \times a_{66}|_{\theta=45^\circ}})$ in Table 2 are dimensionless parameters of engine mass and thrust force, respectively.

The results of total energy for fiber angle $\theta = -60^\circ$ and $z_{E2} = 7$ m (both are fixed) for spanwise variation of the first engine position are investigated in Figure 4 Accordingly, the optimum total energy which leads to maximum flutter speed for the second engine position of 7 m and fiber angles -60° is the first engine position of $z_{E1} = 3.1$ m.

Table 2 Wing material and wing-engine geometric properties

Material properties		Geometrical properties	
E_1	206.8 (GPa)	L, l, d, h	14, 0.757, 0.1, 0.03 (m)
$E_2=E_3$	5.17 (GPa)	b	0.8 (m)
$G_{12}=G_{13}$	3.1 (GPa)	M	0.27
G_{23}	2.55 (GPa)	P	13.8
ν	0.25	$\mathcal{K}_{\theta x}, \mathcal{K}_{\theta y}, \mathcal{K}_{\theta}$	0.3, 0.6, 0.6
ρ	1528 (kg/m ³)		

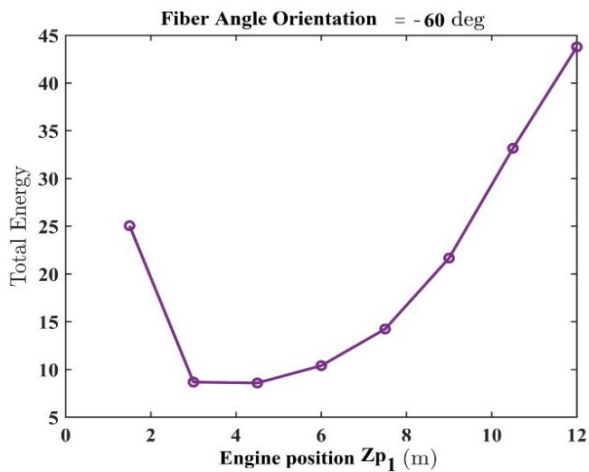


Figure 4. variation of total energy for fiber angle -60° for various first engine positions

In order to illustrate the effect of wing fiber angle on the cost function, the total energy response of twin-engine wing system for straight fiber angles of $\theta = -45^\circ$ and -75° have been shown in 2.5 seconds in Figure 5. The total energy is calculated based on the formulation given in Equation (40). Figure 5 is plotted for near flutter speed of 85 m/s with the same position of engines.

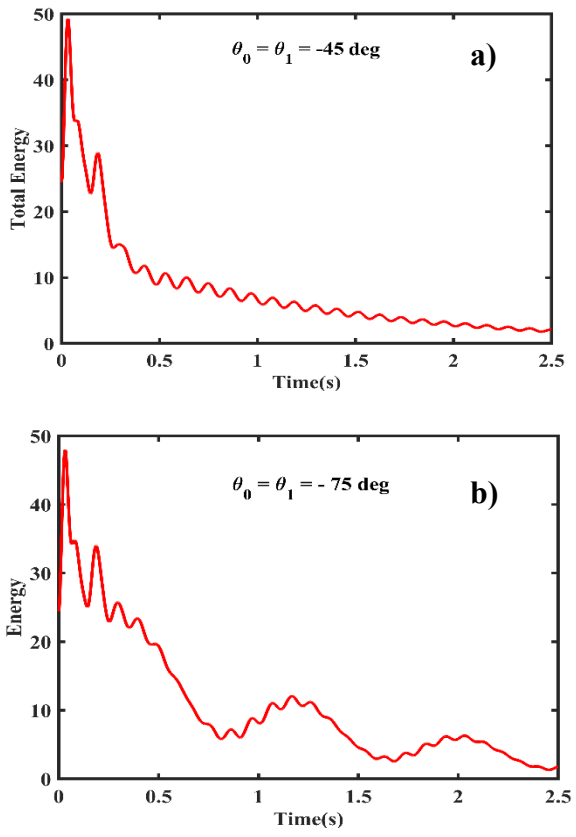


Figure 5. The effect of host structure fiber angle orientation with fixed position of engines of energy response at near flutter speed 85 m/s for angles a) -45° and b) -75°

The analysis results of the optimization depicted in Figure 6 show that the minimum total energy of one-engine wing system with curvilinear fiber path is calculated for $[T_0 = -34.28^\circ, T_1 = -40.35^\circ]$ and engine spanwise location of $z_{E1} = 2.1$ m.

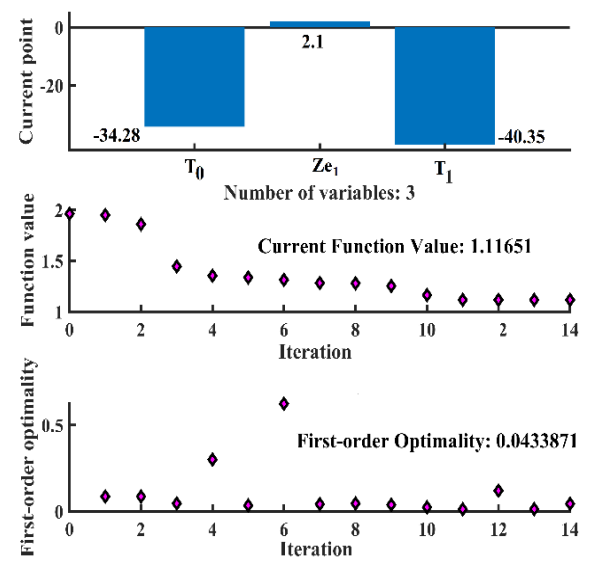


Figure 6. Optimization result, optimal initial and final fiber angle orientation and optimal engine position

By using the SQP algorithm, Figure 7 shows the variation of optimization variables and the number of iterations during the optimizing process for three optimization variables.

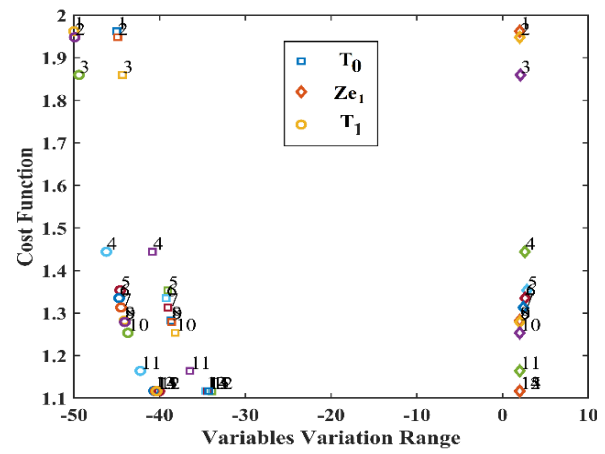


Figure 7. Variation of optimization variables in the optimization iteration, numbers show the number of iterations (14 iterations) in optimization process

As the number of design variables increased in the twin-engine wing system, the optimization can be completed in several minutes. The optimization

results in a minimizing of the total energy of the twin-engine wing system is shown in Figure 8. As a result of the optimization, the minimum total energy with 4 optimization variable is calculated for $[T_0 = -41.1^\circ, T_1 = -45.8^\circ]$ and engines spanwise location of $z_{E1} = 3.32$ m and $z_{E2} = 7.48$ m.

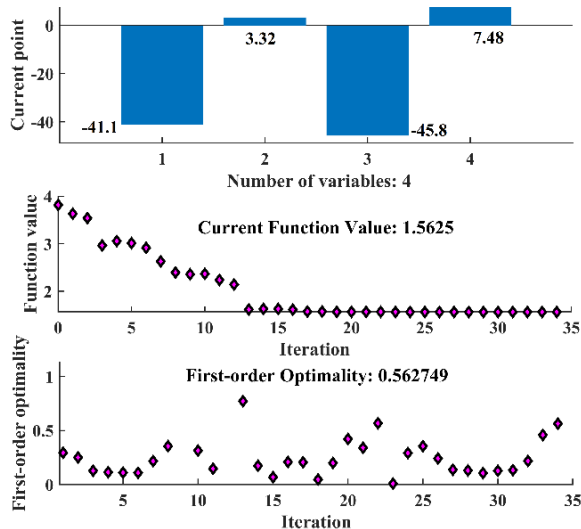


Figure 8. Optimization result, optimal initial and final fiber angle orientation and optimal position of first and second engine

By using the SQP algorithm, Figure 9 shows the second engine position variation and number of iterations during the optimizing process.

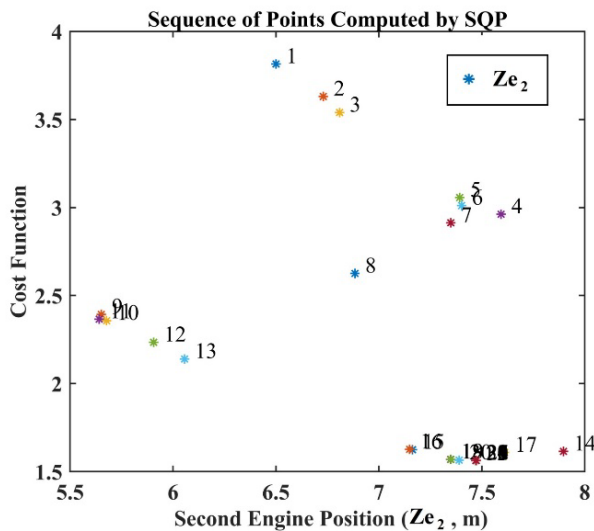


Figure 9. Optimization variable (z_{E2}) in the optimization iteration, numbers show the number of iterations (34 iterations) in optimization process

In examining aeroelastic response in incompressible flight speeds, the effect of the straight and optimum curvilinear fiber layups on the modes response is investigated. Figure 10 shows the computed responses for the flapwise bending and

torsion modes for three fiber orientations of $\theta = -60^\circ, -75^\circ$ and $\theta \rightarrow [T_0 = -41.1^\circ, T_1 = -45.8^\circ]$. The flight speed of the present model is considered for $U = 85$ m/s. The engine positions are considered to be located at optimum positions (Figure (8)) as $z_{E1} = 3.32$ m and $z_{E2} = 7.48$ m along the spanwise. The longest time needed for the damping of the responses is seen for $\theta = -75^\circ$. However, by changing the ply orientation path to optimum (Figure (8)) curvilinear fiber $[T_0 = -41.1^\circ, T_1 = -45.8^\circ]$ at the same speed, the response amplitude and the response damping time decrease due to the lowest total energy level. This reveals that the directionality property featured by the curvilinear fiber layups can be effectively used to postpone the onset of the flutter instability.

7. Conclusion

In the present study, linear aeroelastic analysis of twin-engine wing system with curvilinear fiber path under the influence of engine is examined using Librescu thin walled beam (TWB) theory. The structural equations of motion are obtained for the asymmetric lay-up composite configuration considering the engine mass and thrust force. The Wagner’s unsteady incompressible indicial aerodynamics model is constructed in the time domain by incorporating two aerodynamic lag states. Aeroelastic system of equations for the twin-engine wing system is solved using Ritz method. The novel aspects of this study are derivation of aeroelastic twin-engine wing system equations and application of curvilinear fiber path on aeroelastic performance improvement. Additionally, a novel optimization strategy based on the total energy of the aeroelastic system is introduced. The proposed integral of total energy, as a cost function, is minimized in terms of four optimization variables of two engine locations and wing structure curvilinear fiber angle with two parameters including the initial and final angle orientations. The introduced cost function is optimized with different curvilinear fiber path for various spanwise locations of engine on the wing. For the twin engine TWB wing system, applying curvilinear fiber is seen to be very advantageous on minimizing the cost function and therefore maximizing flutter performance of the wing compared to the unidirectional one.

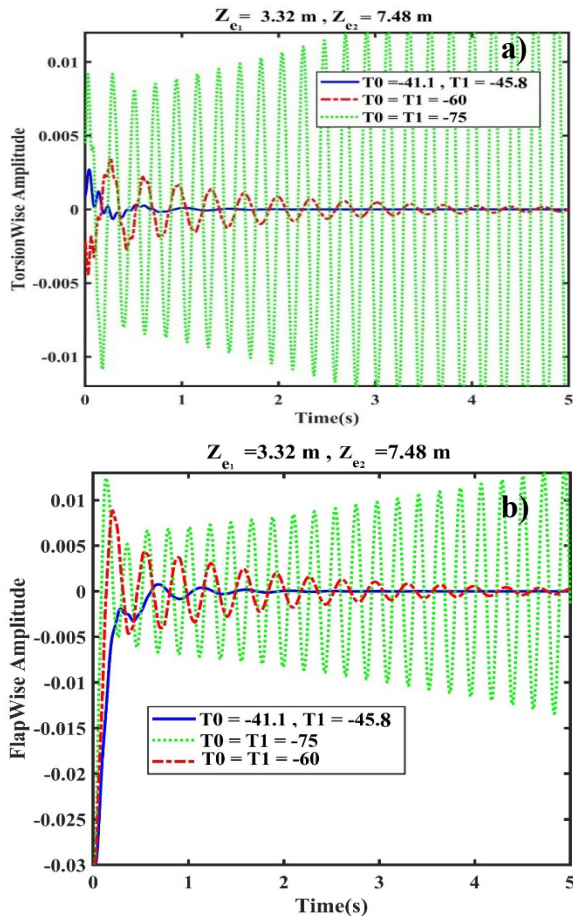


Figure 10. Dynamic aeroelastic a) torsion and b) flapwise bending responses for variations of curvilinear and straight fiber angles

Nomenclature

- a = Dimensionless coefficient in offset between mid-chord and box beam shear center
- b, l, d, h, L = Half chord, width, height, thickness and length of TWB, respectively
- CAS = Circumferentially Asymmetric Stiffness lay-up configuration
- C.G = Centre of Gravity
- s, n, z = Local coordinate system located at the mid plane of the cross section of TWB
- x, y, z = Cartesian fixed coordinate system located at the root of TWB
- a_{ij} = Stiffness matrix coefficients
- $F_w(s), na(s)$ = Primary warping function, Secondary warping function
- L_{ae}, T_{ae} = Unsteady aerodynamic lift and moment
- M_E, \bar{M} = Mass of the engine and its dimensionless counterpart
- P_E, \bar{P} = Thrust force of the engine and its dimensionless counterpart
- T_0, T_1 = Initial and final fiber angles
- u_0, v_0, w_0 = Translations of the shear center along x, y, z

axes, respectively

x_E, z_E = Engine chordwise and spanwise position, respectively

θ = Fiber angle

λ = Complex values eigenvalue of the aeroelastic system

$\vartheta(t)$ = Generalized modal coordinate

θ_x, θ_y, ϕ = Rotations of the cross section about x, y, z axes, respectively

δ_D = Dirac delta function

ψ^Δ = Vector of trial functions

U = Inflow speed

ϕ_W = Wagner’s function

$\kappa_{\theta_x}, \kappa_{\theta_y}, \kappa_\phi$ = Radius of Gyration in x, y, z directions

Ethical Approval

Not applicable.

References

- [1] Che, Q. L., Han, J., L., and Yun, H., W., “Flutter analysis of wings subjected to engine thrusts,” Journal of Vibration Engineering, Vol. 25, No. 2, 2012, pp. 110-116.
- [2] Hodges, D., H., Patil, M., J., Chae, S., “Effect of thrust on bending-torsion flutter of wings,” Journal of Aircraft, Vol. 39, 2002, p. 371-376.
- [3] Mardanpour, P., Hodges, D.H., Neuhart, R., Graybeal, N., “Engine placement effect on nonlinear trim and stability of flying wing aircraft,” Journal of Aircraft, 2013, doi:10.2514/1.C031955.
- [4] Mardanpour, P., Richards, P.W., Nabipour, O., Hodges, D.H., “Effect of multiple engine placement on aeroelastic trim and stability of flying wing aircraft,” In: Proceedings of the 54th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures,
- [5] Mazidi, A., Fazelzadeh, S., A., “The flutter of a swept aircraft wing with a powered-engine,” Journal of Aerospace Engineering, Vol. 23, 2010, pp. 243–250.
- [6] Fazelzadeh S. A., Azadi M., Azadi E., “Suppression of nonlinear aeroelastic vibration of a wing/store under gust effects using an adaptive-robust controller,” Journal of Vibration and Control, Vol. 23, No. 7, 2017, pp. 1206-1217.
- [7] Amoozgar, M. R., Irani, S., and Vio, G., A., “Aeroelastic instability of a composite wing with a powered-engine,” Journal of Fluids Structures, Vol. 36, 2013, pp. 70–82.

- [8] Stodieck, O., Cooper, J., E., Weaver, P., M., and Kealy, P., "Aeroelastic Tailoring of a Representative Wing Box Using Tow-Steered Composites," *AIAA Journal*, Vol. 55, No. 4, pp. 1425-1439, 2017.
- [9] Librescu, L., Song, O., *Thin walled composite beam theory and application*, USA: Springer, 2006.
- [10] Farsadi, T., Rahmanian, M., Kayran, A., "Geometrically nonlinear aeroelastic behavior of pretwisted composite wings modeled as thin walled beams," *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 83, pp. 259-292, 2018.
- [11] Farsadi, T., Hasbestan, J., "Calculation of flutter and dynamic behavior of advanced composite swept wings with tapered cross section in unsteady incompressible flow," *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 2017, doi.org/10.1080/15376494.2017.1387322.
- [12] Qin, Z., Librescu, L., "Aeroelastic instability of aircraft wings modeled as anisotropic composite thin-walled beams in incompressible flow," *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 18, No. 1, 2003, 43–61.
- [13] Farsadi, T., Sener, O., Kayran, A., "Free vibration analysis of uniform and asymmetric composite pretwisted rotating thin walled beam," In *Proceedings of the International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Advances in Aerospace Technology, IMECE2017-70531*, 3–9 November 2017, Florida, USA.
- [14] Librescu, L. and Song, O., "Dynamics of Composite Aircraft Wings Carrying External Stores," *AIAA Journal*, Vol. 46, No. 3, March 2008.
- [15] Gjerek, B., Drazumeric, R., Kosel, F., "Flutter behavior of a flexible airfoil: Multi-parameter experimental study," *Aerospace Science and Technology*, Vol. 36, 2014, pp. 75–86.
- [16] Attaran, A., Majid, D., L., Basri, S., Rafie, A., S., Abdullah, E., J., "Structural optimization of an aeroelastically tailored composite flat plate made of woven fiberglass/epoxy," *Aerospace Science and Technology*, Vol. 15, 2011, pp. 393–401.
- [17] Guo, S., "Aeroelastic optimization of an aerobatic aircraft wing structure," *Aerospace Science and Technology*, Vol., No.11, 2007, pp. 396–404.
- [18] Zamani, Z., Haddadpour, H. and Ghazavi, M., "Curvilinear fiber optimization tools for design thin walled beams," *Thin-Walled Structures*, Vol. 49, No. 3, 2011, pp. 448-454.
- [19] Haddadpour, H., Zamani, Z., "Curvilinear fiber optimization tools for aeroelastic design of composite wings," *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 33, 2012, pp. 180-190.
- [20] Gurdal, Z., and Olmedo, R., "In-plane response of laminates with spatially varying fiber orientations: variable stiffness concept," *AIAA Journal*, Vol. 31, No. 4, 1993.
- [21] Gürdal, Z., Tatting, B.,F., and Wu, C., K., "Variable stiffness composite panels: Effects of stiffness variation on the in-plane and buckling response," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 39, 2008, pp. 911-922.
- [22] Akhavan, H., Ribeiro, P., "Natural modes of vibration of variable stiffness composite laminates with curvilinear fibers," *Composite Structures*, Vol. 93, No. 11, 2011, pp. 3040-3047.
- [23] Gunay, M., G., Timarci, T., "Static analysis of thin-walled laminated composite closed-section beams with variable stiffness," *Composite Structures*, Vol. 182, 2017, pp. 67-78.
- [24] Zhang, Y., Xiong, F., & Yang, S., "Numerical simulation for composite wing structure design optimization of a minitype unmanned aerial vehicle". *The Open Mechanical Engineering Journal*, 5(1), 2011.
- [25] Chang N., Yang W., Wang J., and Wang W., "Design optimization of composite wing box for flutter and stiffness", In: *48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition*, Orlando: Florida, 2010.
- [26] Othman, M. F., Silva, G. H., Cabral, P. H., Prado, A. P., Pirrera, A., & Cooper, J. E., A robust and reliability-based aeroelastic tailoring framework for composite aircraft wings. *Composite Structures*, 208, 101-113, 2019.
- [27] Liu, X., *Optimum design of composite structures using lamination parameters* (Doctoral dissertation, Cardiff University), 2019.
- [28] Farsadi, T., Asadi, D., & Kurtaran, H. "Flutter improvement of a thin walled wing-engine system by applying curvilinear fiber path". *Aerospace Science and Technology*, 93, 2019, 105353

Investigation of the Effect of Differential Morphing on Forward Flight by Using PID Algorithm in Quadrotors

Oguz KOSE¹*, Tugrul OKTAY²,

¹ Gumushane University, Kelkit College of Aydın Dogan, Kelkit/Gumushane, Turkey

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

Abstract

In this study, modeling, control and differential morphing of a four-rotor unmanned aerial vehicle known as a quadrotor is discussed. With differential morphing, the forward flight performance and model of an autonomous quadrotor is presented. Due to the complex structure of the quadrotor, it is difficult to build the model. To get model parameters, a complete quadrotor model is drawn in the Solidworks program. In addition, Newton-Euler equations are used in the mathematical model. Simulation is done in Matlab / Simulink environment by using the parameters obtained from the model and the state-space model approach. PID (proportional, integral, derivative) is used as the quadrotor control algorithm. As a result of the study, the quadrotor forward flight is carried out using PID algorithm and differential morphing. The system characteristics of the situations with and without differential morphing are compared and the results are presented with graphs.

Keywords: Quadrotor, Morphing, PID, State Space Model, Control

1. Introduction

In the past two decades, unmanned aerial vehicle(UAV) have had a major impact in the aviation field. A UAV is defined as a powerful aircraft that does not carry a flight crew, can be managed autonomously or remotely and can be reused. UAVs are preferred because they eliminate the risk of living people in dangerous situations such as search and rescue, military operations and fire fighting. It is highly valuable as it is used in these dangerous missions without direct human access.

The UAV type quadrotor discussed in this study is a small rotary wing unmanned aerial vehicle capable of vertical takeoff and landing. Although the quadrotor is structurally simple, it is complex as a control system. Quadrotor is used in civilian areas such as photography and cinema, agricultural activities, hobbyism. It is also used in military areas such as reconnaissance, coast and port security.

Morphing, which is considered within the scope of this study, is defined as the changes that occur in the geometry of the quadrotor flight or before the

Corresponding Author: Lecturer Oguz Kose oguzkose24@gmail.com

Citation: Köse O., Oktay T. (2020) Investigation of the Effect of Differential Morphing on Forward Flight by Using PID Algorithm in Quadrotors J. Aviat. 4 (1), 15-21.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8069-8749>; ² <https://orcid.org/0000-0003-4860-2230>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.685256>

Received: 5 February 2020 **Accepted:** 4 June 2020 **Published (Online):** 22 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

flight. There have been many studies on quadcopter morphing in recent years. C. Hintz et al.[1] performed morphing on a H-type quadrotor. This quadrotor is designed to pass through narrow spaces in vertical flight. In real-time applications, quadrotor successfully accomplished this operation.

A. Desbiez et al.[2] worked on the X-Morf quadrotor, which changed its geometry during flight. This quadrotor could change the position of the arms with servo motors. As a result of the tests, it was revealed that 28.5% performance was dynamically increased in the range of 0.5s during the flight. T. Avant et al.[3] did a study on quadrotor arm rotation and enlargement. Quadrotor motors could not turn more than half. Its arms could expand by 25%. D. Falanga et al. [4] designed a quadrotor capable of crossing narrow spaces. This quadrotor was able to trajectory tracking within a plan. As a result of the test studies, it was able to pass 80% succession through narrow angled areas up to 45 degrees. Y. Bai [5] worked on a quadrotor that changed its geometry during flight. It revealed that the lateral control and stability of the quadrotor after morphing was weakened. T. Oktay and S. Coban[6] have worked on a Tactical Unmanned Aerial Vehicle (Tuavs) that includes both active and passive morphing for simultaneous longitudinal and lateral flight. In this study, they used simultaneous perturbation stochastic approximation (SPSA) as an optimization algorithm. As a control algorithm, they used proportional integral derivative (PID). T. Oktay and S. Coban[7] applied active and passive morphing for lateral movement on TUAV. They created the TUAV model in Matlab / Simulink environment. They used the state space model approach for modeling. Morphing process was carried out from TUAV wing tips and the wings could lengthen and shorten by 40 cm. They used the SPSA method to determine the amount of morphing. They saved up to 8% energy with the SPSA method.

In this study, the effect of differential morphing quadrotor forward flight was investigated. Quadrotor mathematical model was created in the first stage. Model parameters such as mass and inertia were then taken from the full model drawn in the Solidworks program. In the third stage, quadrotor state space model is created. As a result, quadrotor forward flight simulations with and

without morphing were performed and simulation parameters such as rise time, overshoot and settling time were compared.

2. Material and Methods

As shown in Figure 1, the quadrotor consists of four rotors and propellers, and each rotor produces thrust.

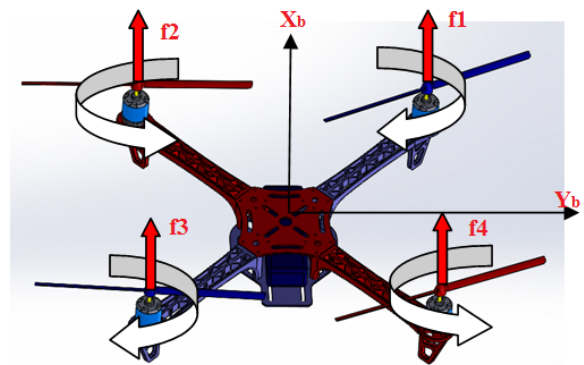


Figure 1. Quadrotor

When the total thrust force generated by the rotors is greater than the weight of the quadrotor, the quadrotor starts to take off. In order for the quadrotor to forward flight, it must reduce the speed of the front rotors and increase the speed of the rear rotors. Quadrotor forward flight is on the y axis. Quadrotor forward flight and rotation direction of rotors are shown in figure 2.

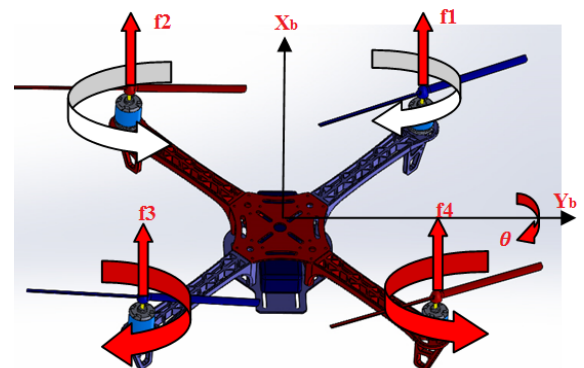


Figure 2. Quadrotor forward flight

2.1 Quadrotor Dynamic Model

Newton-Euler approach is used for the Quadrotor dynamic model. The following views are valid in the Newton-Euler approach[8, 9].

- Quadrotor structure is rigid and symmetrical,
- Propellers of quadrotor are rigid,
- Quadrotor thrust and drag force are proportional to the rotor speed square,
- Ground effect in the quadrotor is neglected.

The quadrotor dynamic model has twelve total motion equations that provide motion. These equations have a non-linear structure. These equations are made linear using various linearization methods. In this study, linear motion equations are studied. Twelve equations of motion are divided into two parts. The first part is used for longitudinal (forward flight) flight. The second part is used for lateral flight. Forward flight equations are given below.

$$\dot{x} = u$$

$$\dot{z} = w$$

$$\dot{u} = -g\theta$$

$$\dot{w} = \frac{f_t}{m} \tag{1}$$

$$\dot{q} = \frac{\tau_y}{I_y}$$

$$\dot{\theta} = q$$

Where, x, z and θ are linear and angular positions. u, w and q are linear and angular velocity.

Inputs must be applied to the system to control the quadrotor. These inputs tell how far the quadrotor will fly forward in the simulation. Accordingly, the input to be applied for forward flight is given below.

$$\tau_y = bl(\Omega_1^2 - \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \tag{2}$$

Where l the distance between any rotor and the center of the quadrotor, b is the thrust factor, Ω is propeller speed.

2.2 State Space Model and Differential Morphing

State space model is the expression of a physical system in first order differential equations with input, output and state variables in matrix form. Quadrotor state space model is expressed by linear motion equations. In general, the state space model of a system is indicated by the following expression.

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y = Cx(t) + Du(t)$$

Where x(t) state vector, u(t) control or input vector, y(t) output vector, A system matrix, B input matrix, C output matrix and D feed forward matrix.

In this case, the quadrotor forward flight state space model would be as shown below.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{z} \\ \dot{u} \\ \dot{w} \\ \dot{q} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -g \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ z \\ u \\ w \\ q \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1/m & 0 \\ 0 & 1/I_y \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_t \\ \tau_y \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ z \\ u \\ w \\ q \\ \theta \end{bmatrix}$$

The state space model represents the I_y inertia moment in the input matrix. Inertia moment is a diagonal matrix. This matrix is produced because the quadrotor's four arms are symmetrical and aligned on the x and y axes. The inertia matrix is as shown below.

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \tag{3}$$

The researchers noticed many years ago that birds changed their body positions and geometries to perform certain maneuvers during flight. This process of changing shape or geometry is called 'morphing' in the literature.

Morphing is a developmental feature that has just started to be used in unmanned aerial vehicle. This feature is related to UAV structure and aerodynamics, and UAV requires using effective

control structures to control it quickly and stably[10]. In quadrotor type unmanned aerial vehicles, morphing is done by lengthening and shortening the arms or changing the angles between the arms. In the differential morphing system discussed in this study, the quadrotor forearms are extended while the back arms are either fixed or shortened. The front and back arms do not extend or shorten at the same rate.

2.3 Quadrotor Control Systems

For PID controller design, parallel architecture has been used[11].

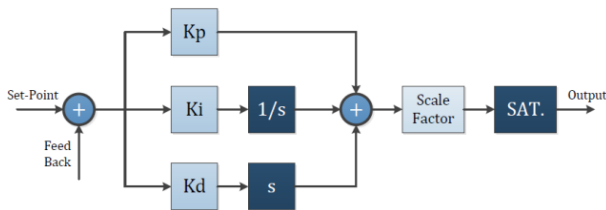


Figure 3. PID architecture

In the diagram, there is an additional block corresponding to a scale factor, which compensates the aerodynamic parameters of the quadcopter so that the PID design becomes simpler. This block also scales the control signal to values compatible with the existing hardware. Finally, at the output there is a signal saturation block. Pitch controllers have a similar architecture with minimal changes.

3. Results and Discussion

As this study deals with forward flight, differential morphing is created by lengthening or shortening the arms at different times. Since the quadrotor volume changes during the morphing process, there are changes in the moments of inertia. Since the quadrotor volume changes during the morphing process, there are changes in the moments of inertia. The quadrotor non-morphing state in Figure 4 and the inertia and mass information of this state in Table 1.



Figure 4. Non-morphing quadrotor

Table 1. Mass and moment of inertia information (non-morphing)

m (kg)	Ix (kg*m ²)	Iy(kg*m ²)	Iz(kg*m ²)
0.59	0.04085	0.01629	0.05607

If the forearms are extended by 3 cm while the mass remains constant, the quadrotor will be as shown in Figure 5 and information on mass and inertia is given in Table 2.

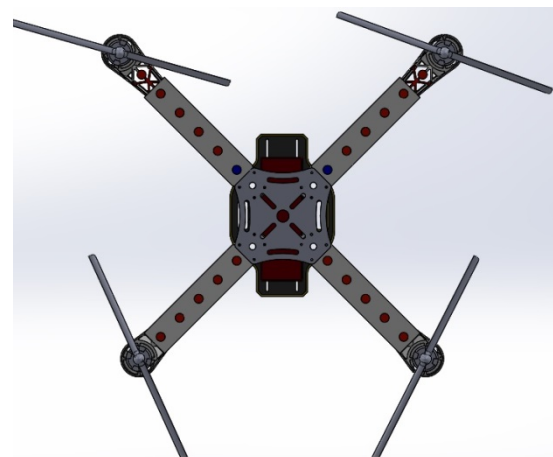


Figure 5. Differential morphing 1

Table 2. Mass and moment of inertia information(Differential morphing 1)

m (kg)	Ix (kg*m ²)	Iy(kg*m ²)	Iz(kg*m ²)
0.59	0.03859	0.00668	0.04418

Depending on the initial situation, if the forearms are extended by 6 cm, the quadrotor will be as shown in Figure 6 and mass and inertia information is given in Table 3.

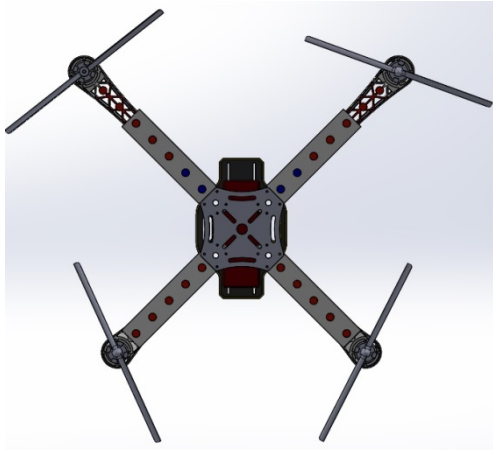


Figure 6. Differential morphing 2

Table 3. Mass and moment of inertia information(Differential morphing 2)

m (kg)	Ix (kg*m ²)	Iy(kg*m ²)	Iz(kg*m ²)
0.59	0.03851	0.00740	0.04483

PID coefficients for forward flight were chosen same values for both non-morphing and morphing cases. These values are given below.

Table 4. PID coefficients

P	I	D
0.0003	0.0003	1

Matlab simulation graphs of non-morphing state, differential morphing 1 and differential morphing 2 states provided that the mass remains constant are given below.

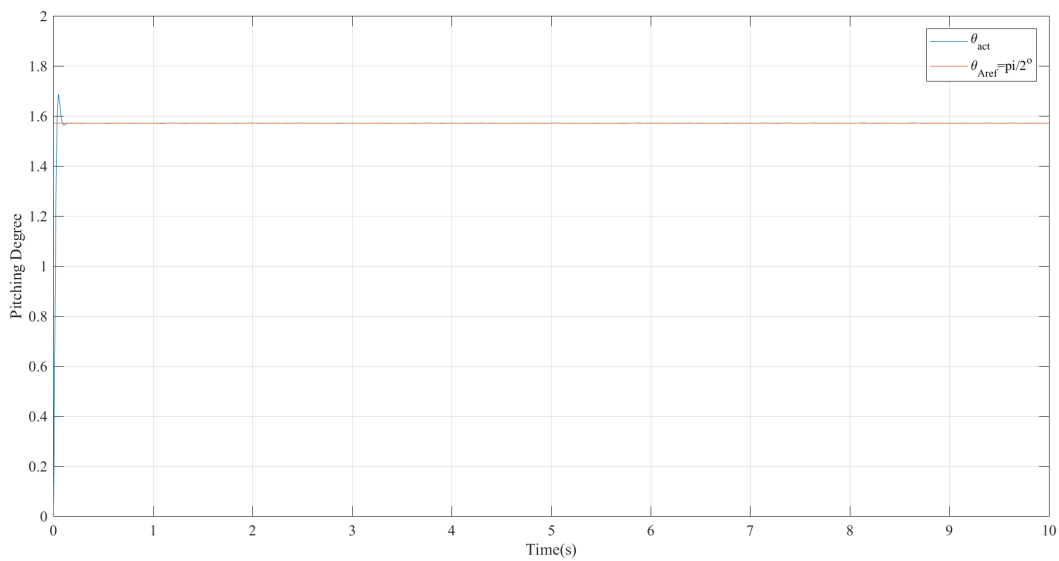


Figure 7. Non-morphing simulation

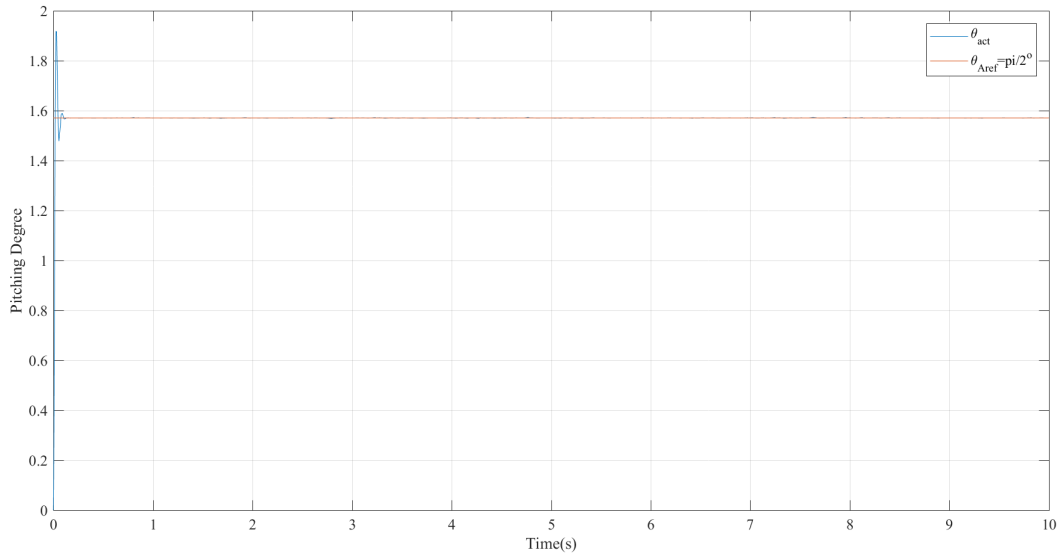


Figure 8. Differential morphing 1 simulation

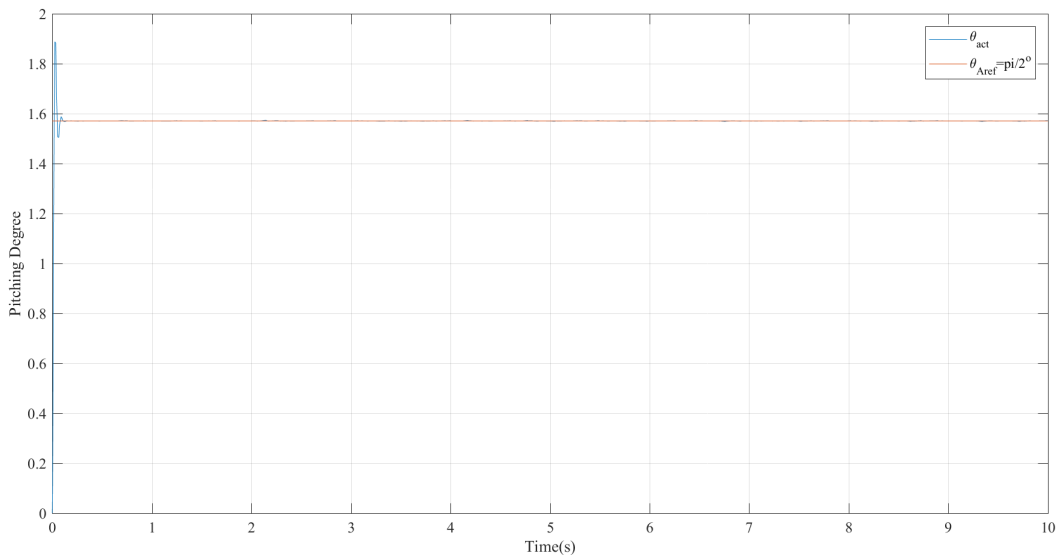


Figure 9. Differential morphing 2 simulation

4. Conclusions

In this study, the effect of differential morphing on forward flight in quadrotor was investigated. In addition, quadrotor modeling was also performed. The quadrotor dynamic model was created using the Newton-Euler approach.

The full quadrotor model was drawn using the Solidworks program. It was simulated in Matlab / simulink environment with the parameters taken from the model. PID algorithm is used as the Quadrotor control algorithm.

According to the simulation results, differential morphing affected the quadrotor forward flight.

Design performance criteria such as rise time, settling time and overshoot have changed in the case of differential morphing. As shown in Table 5, differential morphing influenced design performance criteria. Despite the increase in overshoot of these criteria, rise time and settling time decreased. This made the quadcopter fit into orbit in less time. Sitting in orbit in a short time is a positive situation for the quadrotor.

Table 5. System characteristic

	Non-morphing	Diferantial morphing 1	Diferantial morphing 2
Rise Time	0.0249	0.0121	0.013
Settling Time	0.0766	0.0687	0.0721
Overshoot	7.39%	24.5%	22.4%

Ethical Approval

Not applicable.

References

- [1] C. Hintz, C. Torno, and L. R. G. Carrillo, "Design and dynamic modeling of a rotary wing aircraft with morphing capabilities," in *2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 2014: IEEE, pp. 492-498.
- [2] A. Desbiez, F. Expert, M. Boyron, J. Diperi, S. Viollet, and F. Ruffier, "X-Morf: a crash-separable quadrotor that morfs its X-geometry in flight," in *2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS)*, 2017: IEEE, pp. 222-227.
- [3] T. Avant, U. Lee, B. Katona, and K. Morgansen, "Dynamics, Hover Configurations, and Rotor Failure Restabilization of a Morphing Quadrotor," in *2018 Annual American Control Conference (ACC)*, 2018: IEEE, pp. 4855-4862.
- [4] D. Falanga, E. Mueggler, M. Faessler, and D. Scaramuzza, "Aggressive quadrotor flight through narrow gaps with onboard sensing and computing using active vision," in *2017 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*, 2017: IEEE, pp. 5774-5781.
- [5] Y. Bai, "Control and Simulation of Morphing Quadcopter," Saint Louis University, 2017.
- [6] T. Oktay and S. Coban, "Simultaneous longitudinal and lateral flight control systems design for both passive and active morphing UAVs," *Elektronika ir Elektrotechnika*, vol. 23, no. 5, pp. 15-20, 2017.
- [7] T. Oktay and S. Coban, "Lateral autonomous performance maximization of tactical unmanned aerial vehicles by integrated passive and active morphing," *International Journal of Advanced Research in Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1-5, 2017.
- [8] A. Marks, J. F. Whidborne, and I. Yamamoto, "Control allocation for fault tolerant control of a VTOL octorotor," in *Proceedings of 2012 UKACC International Conference on Control*, 2012: IEEE, pp. 357-362.
- [9] S. Bouabdallah, "Design and control of quadrotors with application to autonomous flying," Epfl, 2007.
- [10] C. Barbu, R. Reginatto, A. Teel, and L. Zaccarian, "Anti-windup design for manual flight control," in *Proceedings of the 1999 American Control Conference (Cat. No. 99CH36251)*, 1999, vol. 5: IEEE, pp. 3186-3190.
- [11] K. J. Åström and T. Hägglund, *Control PID avanzado*. Pearson, Madrid, 2009.

Unmanned Aerial Vehicle Production with Additive Manufacturing

Ebubekir KOÇ¹, Cemal İrfan ÇALIŞKAN^{2*}, Mert COŞKUN³, Hamaid Mahmood KHAN⁴

Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Aluteam, Istanbul, 34445, Turkey

Unmanned Aerial Vehicle Production with Additive Manufacturing

Abstract

In this study, unmanned aerial vehicle (UAV) design, analysis and production was made using selective laser sintering (SLS) system. Four different aircraft bodies were designed in the interdisciplinary project, one of the models was selected by comparing the computational fluid dynamics (CFD) analysis results. According to the numerical study, the model 4 design was found to be the most suitable among the tested models, then the design was produced with the SLS system. Finally, the actual flight test was carried out in three different weather conditions, and the results are presented here.

Keywords: Aviation, Additive Manufacturing, SLS, UAV, Fluent.

1. Introduction

The additive manufacturing (AM) method, also known as rapid prototyping, was first introduced in the 1980s [1]. The AM methodology is now extensively used in various sectors employing a wide range of materials. AM can be categorized into several processes depending on the adopted methodology or type of material and one such technology is selective laser sintering (SLS) [2]. The SLS process is a powder-based version of AM where low-intensity laser power is used to scan the powder particle particularly polymers, to melt their outer surface and fuse them together to form complex three-dimensional structures[3–5]. In the

present study, the prototype production was performed using polyamide powder, PA2200. The production is described as follows:

In producing parts using the SLS process, a Computer-Aided Design (CAD) model is needed, which can be created using any available CAD software. The CAD file is then saved in STL (Stereolithography) or similar formats. The STL file, which is positioned according to the part sensitivity, is separated into layers by the slicing process and sent to the production system. The production process takes place within a certain systematic [6]. The parts produced using the SLS

Corresponding Author: Cemal İrfan Caliskan cemalirfancaliskan@gmail.com

Citation: Koç E., Çalışkan C.I., Coşkun M., Khan H.M. (2020). Unmanned Aerial Vehicle Production with Additive Manufacturing J. Aviat. 4 (1), 22-30.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-9069-715X>; ² <https://orcid.org/0000-0003-0366-7698>; ³ <https://orcid.org/0000-0003-3307-982X>
⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7523-4384>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.681037>

Received: 28 January 2020 **Accepted:** 30 May 2020 **Published (Online):** 22 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <http://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

process are strongly dependent on the parameters are chosen so as to attain high densification and attainable mechanical and microstructural properties. In this part of the study (Table 1), some design parameters belonging to the production system EOS P110, in which UAV prototype production is taken into consideration during the design process are shared [7, 8].

Table 1. SLS design parameters considered in UAV study.

SLS Design Parameters
While printing a thin wall, the size shouldn't be smaller than 0.45 mm.
When printing supported wires, should not be thinner than 0.8mm.
The minimum size shouldn't be lower than 0.5 mm in height and 0.2 mm in width.
Escape holes need to be cleared from the unsintered powder. The minimum diameter for the hole is 4.0 mm.
The chamber size is 193x242x322 mm.
There should be a gap of 0.1 mm between adjacent parts.
The sensitivity and the position of the SLS parts should be evaluated prior to production.

2. UAV Main Body Design Process

Biomimicry is the preferable approach to design Unmanned Aerial Vehicle (UAV). It is believed that the design created by the inspiration of flying goose will facilitate the design process in terms of aerodynamics [9]. The CAD model, including the interior and the exterior surfaces of all the UAVs, are designed in accordance with the SLS design limitations. The general form of all the UAVs is designed using the sizes given in Figure 1, which includes the wing size of 186 mm x 1470 mm, the fuselage of 110 mm x 400 mm, and a tail of 117 x 405 mm. On the tail wing located between the double vertical stabilizer, there is a controllable flap that serves during the climb and landing of the aircraft.

The right and left ailerons on the main wing serve in the airborne rotation of the aircraft.

The design consists of 32 parts, which are joined using pins. The assembly geometry allows an easy replacement of the battery, maintenance of

electronic parts, or replacement of any damaged parts. The electronic components, such as motor and the control unit, are selected from the standard products. The scope of the study includes the design, analysis and the production of the demountable unmanned aerial vehicle body using the SLS machine.

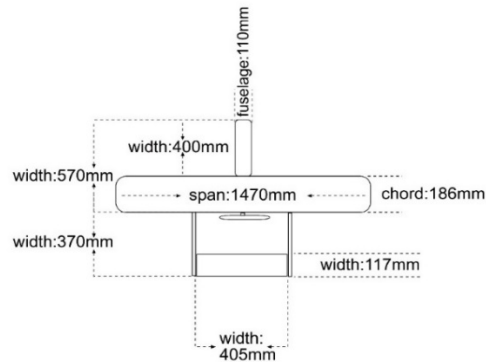


Figure 1. UAV measure sketch and wing surface area study.

The UAV includes four servo motors which one for the front wheel rudder movement, the other for the right and left-wing ailerons, and one for the tail.

The propeller motor has a total load-carrying capacity of 1.8 kg. The PA2200 powder material was used in the production of the parts using SLS process. The sintered density of the polyamide material is 0.92 g/cm³. The total weight is supposed not to exceed 1.8 kg, which is the limit set for the motor casing. The resulting UAV design has a bodyweight of 1240 gr.

The designing of the main body of the 4 different models is carried out in two stages. The modeling of the UAV model was carried out in Catia V5©: At first, the main body was created using the part design module, “multi-section solid” command. Later, the inner part of the model is emptied using the "shell" command to obtain a 0.8 mm thick shell, as shown in Figure 2.

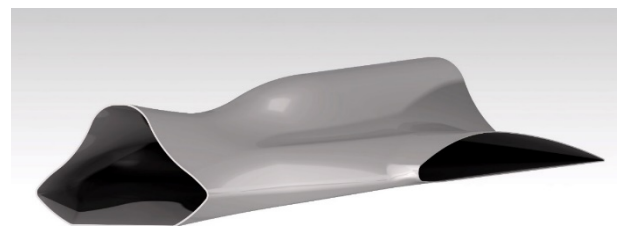


Figure 2. The outer shell modelled with the part design module in the Catia V5©.

Next, the internal modeling was carried out using CATIA V5 ©, a generative shape design module. Using the “extract” (point continuity) command, the outer surface is selected and pulled to form the internal structure, as shown in Figure 3.

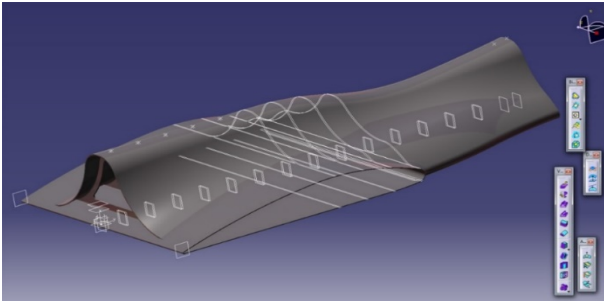


Figure 3. Internal frame modelling with generative shape design module in Catia V5©.

The cross-sections obtained in the generative shape design module are converted into solid sections in binary sections using the multi-section solid command. In Figure 4, each vertical section of the inner structure is 1 mm thick. As a result, four different models were created, as shown in Figure 5, which were then used for the CFD analysis to evaluate the pressure plots for the final production and design analysis.



Figure 4. Internal structure modelling in Catia V5©.

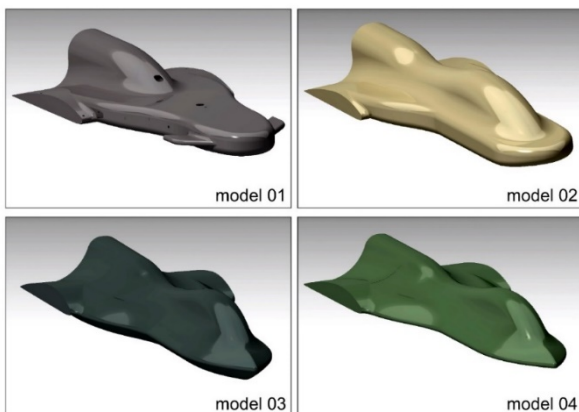


Figure 5. Four different models created during the design study.

3. UAV Main Body Design Analysis

After the preliminary design of the four CAD models of unmanned air vehicle (UAV) in CATIA, as described in the previous section, the design compatibility was realized using the ANSYS FLUENT CFD solver. At first, the CFD analysis was carried out on all the four different UAV models during taxiing using the only nose configuration (without wings). The objective was to evaluate the pressure and velocity distribution across the frame of the four models. Following this, the suitable model was selected for final CFD analysis and then physically analysed after the design and production using the SLS processes.

The first stage in the computational analysis was the preparation of a numerical model, which includes the mesh generation the formulation of solution constraints, and the mathematical model [10,12]. The UAV domain was covered by an enclosure of sufficient size such that the inlet, the outlet, and the wall of the enclosure were far from the UAV domain. This is to allow the full development of the upstream and downstream flows for effective analysis. In order to attain the low power consumption, high endurance, and improved flight performance, the CFD analysis was used to compare and evaluate the aerodynamic efficiency (C_L/C_D) and to measure the pressure and velocity distribution on the surface of the UAVs.

3.1 UAV Main Body Mesh Generation

A suitable mesh size of all the four CAD models was created using the unstructured configuration for computational analysis. Cutcell mesh was used in the study. Since the results will be obtained on the outer surfaces of the Cutcell mesh structure, it was paid attention to throw higher quality meshes on the outer borders of the models.

While constructing a mesh, a special focus was made on the mesh quality of the viscosity-affected near-wall region of the surface of the UAV. Thus, an intermediate and a fine quality three-dimensional mesh were created for the full UAV models having approximately over 4 million elements. A sufficiently large number of elements were selected in constructing the mesh for all the UAV models such that the models are indifferent to grid density and the maximum computed value of the wall unit, y^+ , approaches to 1 [13]. An efficient grid density from the surface of the model to the far-off region is

necessary to conserve the computational time and to enhance the accuracy of the results at the interface of the solid models. Table 2 shows the mesh parameters utilized in this study for the four models. The quality of the mesh and the total number of grid elements are also presented in the table. The values in Table 2 were determined according to the mesh parameters to which the analysis results of four different bodies were fixed. Four different body structures were analyzed under the same conditions, by determining mesh qualities and mesh parameters as close as possible.

Table 2. Mesh parameters chosen for the four UAV models, including the mesh quality and a number of elements and nodes generated.

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Global size (mm)	10.3	11.4	11.5	11.4
Element body size (mm)	4	4	4	4
Inflation layers	5	5	5	5
Growth rate	1.2	1.2	1.2	1.2
Element quality	0.998	0.966	0.962	0.962
Orthogonal quality	0.996	0.989	0.992	0.992
Skewness	0.003	0.02	0.019	0.017
Nodes (millions)	4.7	4.2	4.1	4.1
Elements (millions)	4.6	4.2	4.0	4.0

It is seen that the mesh values given in Table 2 are of high quality and skew rate.

3.2 Boundary Conditions

For each case, the free-stream velocity at the input was set at 100 m/s horizontally at zero angle of attack under standard atmospheric pressure and temperature. The zero angles of attack are chosen because the UAV models were initially analyzed during the taxiing so as to evaluate the pressure and velocity distribution. The outflow boundary conditions were set at zero pressure for the exit downstream flow.

One of the most important parameters in the selection of the turbulence model is the Reynolds number. In the formula below, how the Reynolds number is calculated is given.

$$Re = \frac{Vcp}{\mu} \tag{14}$$

In the formula, V value flow rate; c is the chord width value; ρ represents the density of the flow used and μ represents the kinematic viscosity value. When the boundary condition and the data determined as standard were calculated in the formula $V = 100 \text{ m / s}$, $c = 0,18644 \text{ m}$, $\rho = 1,225 \text{ kg / m}^3$, $\mu = 17894 \times 10^{-5} \text{ kg / m.s}$ Reynolds number (Re) = 1.276.334.

The turbulence modeling in transitional flows was obtained using the $k - \omega$ SST transitional model. This turbulence model is the most suitable one used in many studies, as observed here [15, 16].

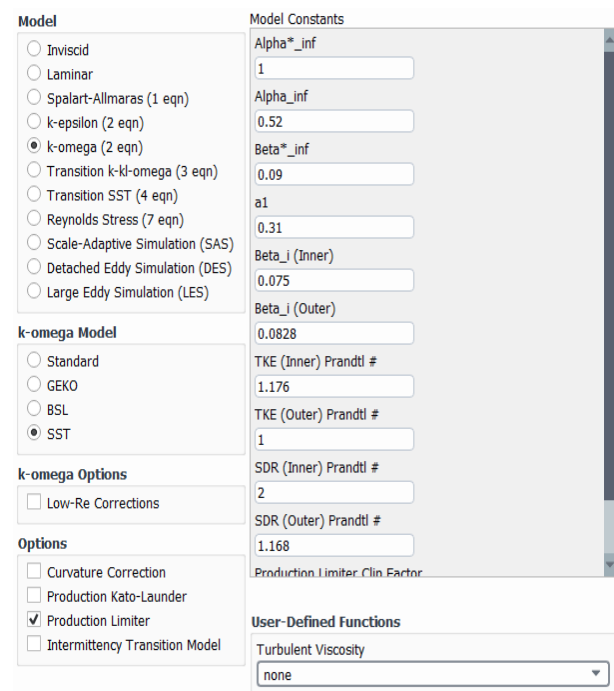


Figure 6. Defining the $k - \omega$ turbulence model

3.3 Results and comparison of the CFD analysis of the 4 UAV models

Table 3 shows the results of the aerodynamic variables of all the 4 UAV models. The maximum pressure and velocity parameters of all the tested models were found nearly similar. Out of the 4 different models, the pressure distribution can be seen maximum on the nose of the model 1 that

represents a high resistance during taxiing. Therefore, the model 1 was not undertaken for further analysis. Moreover, the low drag and high lift coefficient in aircraft are preferred for higher efficiency and endurance strength, which was found comparatively better in model 4. Also, the high C_L/C_D ratio in model 4 suggests the higher aerodynamic efficiency, which is a critical parameter in the designing of the aircraft models. Based on the initial CFD analysis of all the UAVs during taxiing, model 4 was chosen for further analysis, including production and a physical flight test.

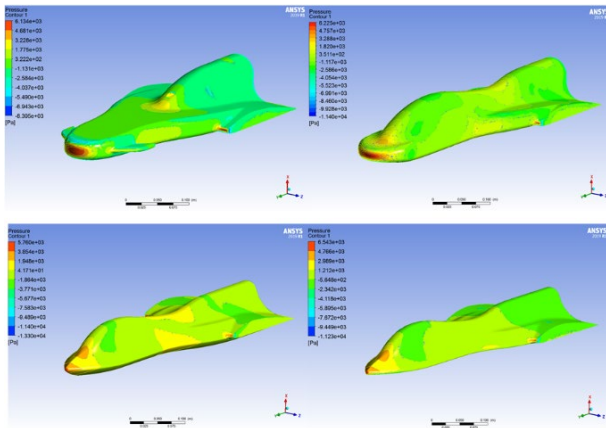


Figure 7. Velocity and pressure distribution on the four models.

Table 3. The maximum pressure and velocity values obtained from the four models.

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Max pressure (KPa)	6.5	6.6	6.5	6.6
Max velocity (m/s)	135.7	143.7	138.9	141.5
Drag coefficient (C_D)	0.03	0.024	0.019	0.020
Lift coefficient (C_L)	0.046	0.05	0.009	0.048
C_L/C_D	1.53	2.06	0.48	2.44

As seen from the Table 2, model 4 exhibits the low drag and high lift coefficient. This suggests the higher efficiency and endurance strength in model 4 compared to all the other models. Moreover, the high C_L / C_D ratio in model 4 suggests the higher aerodynamic efficiency, which is important in designing the aircraft models. Based on the initial

CFD analysis of all the UAVs during taxiing, the model 4 was observed to be the best prototype for the final design, production, and flight test.

The relevant formulas for calculating the drag coefficient (C_D) and lift coefficient (C_L) values were given below. CFD softwares provide analysis results related to the background running of these formulas.

$$C_D = \left(\frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2} \right) \quad [17]$$

$$C_L = \left(\frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho V^2} \right) \quad [17]$$

The maximum pressure and maximum speed values in Table 3 were automatically calculated in the analysis program by entering the boundary conditions and standard. These values obtained automatically on the program should be changed in the reference values section.

4. UAV Model 04 Body Parts Design

In the aviation, the analysis of the model is as important as the design processes. Aerodynamic simulation studies on the pre-production verification of the designed model can take a long time [18]. The results of the analysis play an effective role in determining the deficiencies of the process before the production stage.

According to the results of the pressure distribution on the main body, model 4 was found to be in the ideal design (Figure 7). During the detailed design process, it was decided to continue with model 4 due to ease of design and production. In addition, model 4 offers more space to create the space required for battery and electronic components.

In our UAV study, the “measure inertia” command in the submenu of the Catia V5 © was used to determine the balance point of the aircraft. Accordingly, the weight of the electronic parts and the battery was measured, which are located in the nose section. For easy charging and maintenance related issues, the base of the nose section was connected to the main body using the carbon fiber

rods. The upper section was modeled as a sliding cover and then fixed with m3 screw. While the black part in Figure 8 represents the battery compartment in the form of a sliding cover, the bottom grey part is the main part of the aircraft section, where the landing gear is attached.



Figure 8. Model 4 nose form, battery compartment design. The black and grey sections represent the sliding cover and the fixed section, respectively.

5. UAV Wing Design

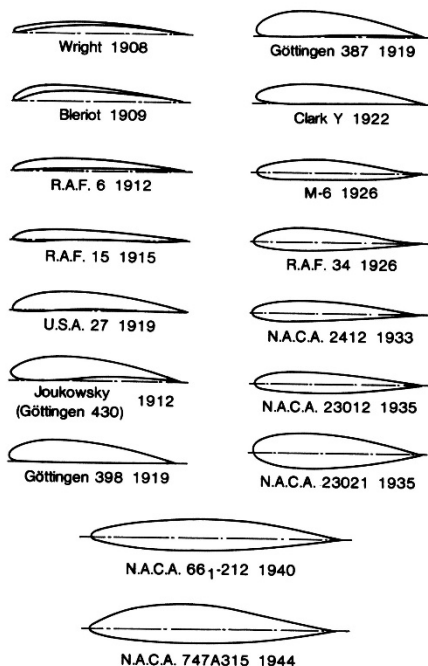


Figure 9. Airfoil used to determine wing form “göttingen 398 1919” and other airfoil forms [19].

After the main body design, the wing design for model 4 was carried out. According to the literature, the wing form, Göttingen 398 1919 (Figure 9), for the model was chosen because of its suitability to the existing design. The connection between the different parts of the wings was achieved using the

modeled spacers and pins. For the attachment of the wing with the mainframe, a carbon fiber rod of 7 mm diameter was used at the front of the wings. Intra-wing carbon fiber rod reinforcement method is widely used in the literature [20]. The wing for the UAV model was made up of four different parts. In addition, gaps for servo motors were also designed on the outer wings.

In general, the outer shell in the wing design was modeled with a thickness of 0.55 mm. Vertical carriers in the form of the airfoil in the inner frame were 1 mm thick. The wings, which were designed in flat features, consist of extruding airfoil form (Figure 10) with a shell size of 0.55 mm. The perforated wing repeats along the wing at 20 mm intervals. Finally, the movable parts in the outer wings were modeled together with a tolerance of 0.5 mm using the hinge cylinders, and the parts (wing and aileron) were used directly without any post-production assembly.

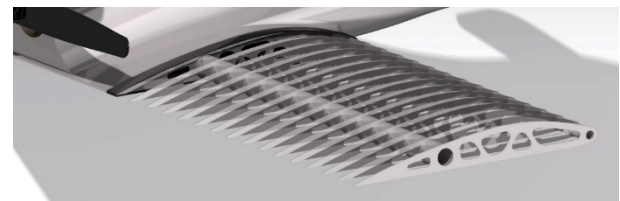


Figure 10. Inner wing design.

6. UAV Model 04 Detail Designs

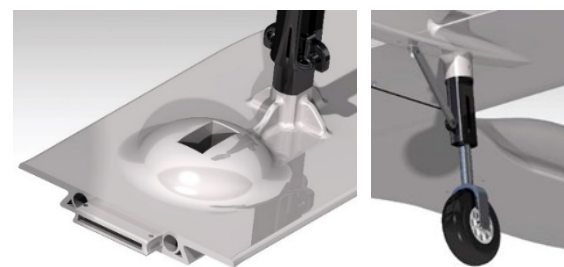


Figure 11. Landing gear mount detail, and nose servo gap.

After modeling the wing design as 4 main parts and 2 aileron, servo gaps and landing gear were designed, as shown in Figure 11. Internal ducts or suitable gaps were created for the wirings of servo motors. Moreover, the part design module of CATIA was used in the designing of landing gear and wheels. It was tested that if the tires to be used on wheels are produced with polyamide, they do not provide the required damping; Thus, the tires were

supplied from products produced for the ready model (Figure10). For the front and the rear landing gear, the wheel diameter was chosen 50 mm. A 2.8 mm diameter pins or m3 screws were used for the assembly of landing gear and the other parts. Also, in the design of the landing gear, a spring of suitable flexibility was used to provide necessary damping during the landing of the UAV.

7. UAV Model 04 Simulation

In order to have a detailed understanding of model 4 during the flight, the wings were added to the UAV in CATIA, and the final model was simulated under similar conditions, as described in the previous section. The quality of the mesh is extremely important for accurate results. Therefore, the UAV frame was cut into half and simulated using a symmetric plane to conserve computational time and to increase accuracy. An unstructured cut-cell mesh with about 4.1 million elements was applied on the half body of the model 4, as shown in 12.

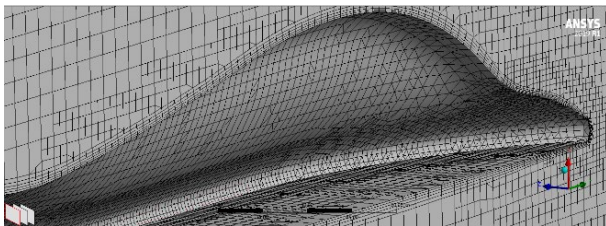


Figure 12. Mesh quality in and around the frame of the nose region.

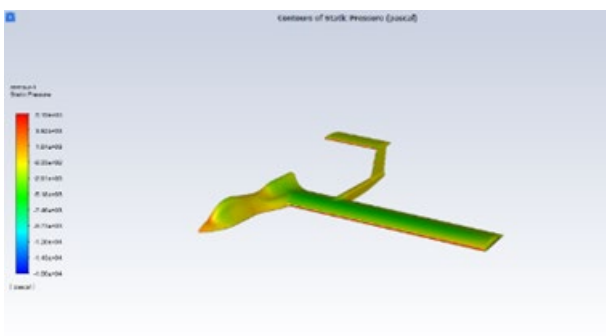


Figure 13. The pressure distribution of the half model.

The grid independence study was carried out initially such that the results of the analysis remain the same regardless of any further variance in the mesh structure. At first, an unstructured standard mesh with about 1.5 million elements was used to calculate the lift and drag coefficients. Later, the mesh was refined by introducing body sizing at the

mainframe, and the lift and drag values were calculated subsequently. The change in C_L and C_D was noticed until the total elements reached 4 million for the half body. The selected mesh is shown in Figure 12 and presented in Table 4.

Table 4. Mesh quality and results of model 4 with wings.

UAV model 4 with symmetry	
Mesh type	Cutcell
Inflation (layers)	5
Growth rate	1.2
Body sizing (mm)	10
Element quality	0.96
Orthogonal quality	0.99
Skewness	0.02
Nodes (million)	4.24
Elements (million)	4.12
Wing area (m ²)	0.12
Turbulence model	$k - \omega$ SST
Maximum pressure (kPa)	6.4
Maximum velocity (m/s)	137
C_D	0.04
C_L	0.5
C_L/C_D	12.21

Since the previous models were investigated without wings, the lift coefficient was observed quite low. Therefore, on adding the wings to the UAV model 4, the lift coefficient was found 0.50, a rise from 0.048 that saw a rise of nearly 900 % in values of lift coefficient. This leads to the higher C_L/C_D ratio of 12.21 against 2.44 without wings, as shown in Table 4. This signifies that the addition of wings results in higher aerodynamic efficiency. The Figure 14, 15 shows the pressure and velocity distribution on the full model and on the wings as well. The high velocity at the top of the frame compared to the bottom of the frame signify the higher lift in the CFD study.

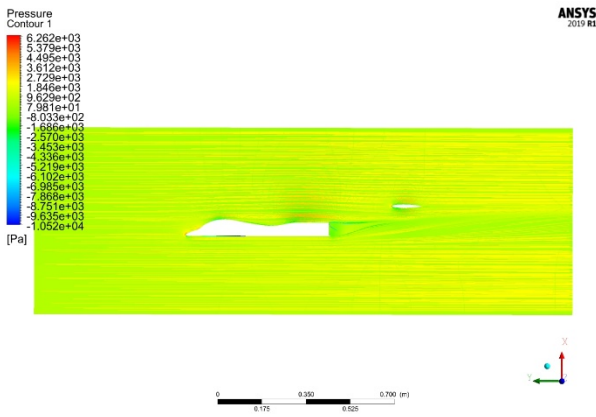


Figure 14. The pressure distribution at the full body.

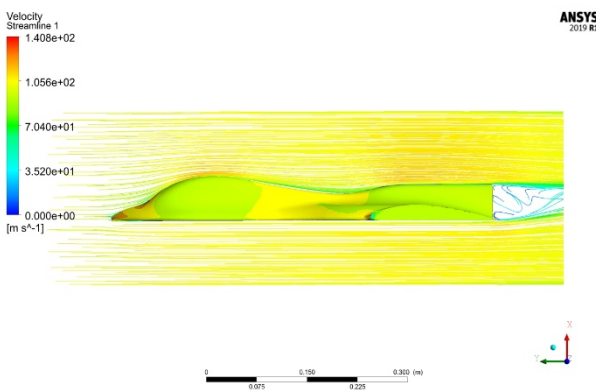


Figure 15. The velocity distribution at the full body.

8. Conclusion

Four different UAV designs were modeled using *Catia V5*© and the model was examined using CFD analysis in taxi position. The pressure plots were analysed and evaluated in terms of model efficiency and endurance using a commercial FLUENT package. Based on the analysis, model 4 was found most suitable among the different UAVs and was then chosen for further analysis. The wings were then added to the model, and the whole model was further evaluated for aerodynamic calculations for real flight conditions. Later, the different parts of the UAV were fabricated using the SLS process and assembled, as shown in Figure 16. The assembled body of the model 4 was then tested on the ground for spring flexibility with the attached landing gear. After the taxiing trails, the model was then tested in air successfully and the exercise was repeated in different weather conditions, as shown in Figure 17.

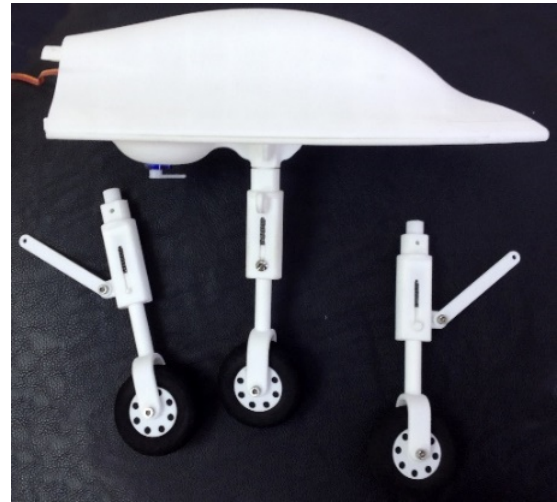


Figure 16. Parts manufactured with SLS (top) and flight tests (below).



Figure 17. Flight tests.

Acknowledgements

This study was prepared within the scope of “ALUTEAM-Aluminum Test Training and Research Center” Project supported by ISTKA (Istanbul Development Agency) Guided Project Support and “Aluminum Building Systems Testing and Training Laboratory” Project supported by ISTKA 2018-Innovative and Creative Istanbul Financial Support Program, which have been carried out by Fatih Sultan Mehmet Vakif University. We would like to thank Dr. Ali İhsan

Koca for his support in simulation and to Mark Pellowe for the calculations, and Tunahan Tez for the flight tests.

Data Availability

No data, models, or code were generated or used during the study.

Ethical Approval

Not applicable.

References

- [1] K. V Wong and A. Hernandez, “A review of additive manufacturing,” *ISRN Mech. Eng.*, 4–5, 2012.
- [2] S. Kumar, “Selective laser sintering: a qualitative and objective approach,” *Jom*, 55, 10,43–47, 2003.
- [3] I. Gibson, D. W. Rosen, and B. Stucker, “Design for additive manufacturing,” in *Additive manufacturing technologies*, Springer, 2010, 299–332.
- [4] J. Gardan, “Additive manufacturing technologies: state of the art and trends,” *Int. J. Prod. Res.*, 54, 10, 3118–3132, 2016.
- [5] A. Nazarov, I. Skorniyakov, and I. Shishkovsky, “The setup design for selective laser sintering of high-temperature polymer materials with the alignment control system of layer deposition,” *Machines*, 6, 1, 11, 2018.
- [6] C. I. Caliskan, *Double Stud Air Cargo Fitting: Historical Review and Alternative Design and Prototype Manufacturing Process with Additive Manufacturing*. Germany, Lambert Academic Publishing, 2019.
- [7] Eos, “Printing with EOS SLS printer.” 3–4, 2015.
- [8] C. C. Seepersad, T. Govett, K. Kim, M. Lundin, and D. Pinero, “A designer’s guide for dimensioning and tolerancing SLS parts,” in *Solid Freeform Fabrication Symposium*, Austin, TX, 2012, 921–931.
- [9] D. M. Bushnell, “Industrial Design in Aerospace/Role of Aesthetics,” *Nasa Technical Report*, 20060025011, 2006.
- [10] P. P. Hector Guillermo, A. M. Victor Daniel, and G. G. Elvis Eduardo, “CFD Analysis of two and four blades for multirotor Unmanned Aerial Vehicle,” 2018 IEEE 2nd Colomb. Conf. Robot. Autom. CCRA 2018, January 2019, 1–6, 2018.
- [11] L. Velazquez-Araque and J. Nožička, “Computational analysis of the 2415-3S airfoil aerodynamic performance,” *IMETI 2013 - 6th Int. Multi-Conference Eng. Technol. Innov. Proc.*, 12, 1, 86–91, 2013.
- [12] Q. Wang, S. Wu, W. Hong, W. Zhuang, and Y. Wei, “Submersible Unmanned Aerial Vehicle: Configuration Design and Analysis Based on Computational Fluid Dynamics,” *MATEC Web Conf.*, 95, 0–5, 2017.
- [13] H. A. Kutty and P. Rajendran, “3D CFD simulation and experimental validation of small APC slow flyer propeller blade,” *Aerospace*, 4, 1, 2017.
- [14] H. A. Alabaş, M. Albatran, T. Çelik, M. Lüleci, and Ü. D. Göker, “Oyuk Boşluk Yapısının Kanat Profili Üzerine Etkisi,” *J. Aviat.*, 3, 2, 89–105.
- [15] S. Ren, S. Li, Y. Wang, D. Deng, and N. Ma, “Finite element analysis of residual stress in 2.25Cr-1Mo steel pipe during welding and heat treatment process,” *J. Manuf. Process.*, 47, September, 110–118, 2019.
- [16] W. Wisnoe, R. Nasir, W. Kuntjoro, and A. Mamat, “Wind Tunnel Experiments and CFD Analysis of Blended Wing Body (BWB) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at Mach 0.1 and Mach 0.3,” *Int. Conf. Aerosp. Sci. Aviat. Technol.*, 13, 1–15, 2009.
- [17] L. E. Velazquez-Araque, “Design of an of an aerodynamic measurement system for unmanned aerial vehicle airfoils,” *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 10, 5, 39-44, 2012.
- [18] J. K. Lytle, “The numerical propulsion system simulation: A multidisciplinary design system for aerospace vehicles,” *Nasa Technical Report*, 19990062672, 1999.
- [19] N. C. Administrator, “the Naca”, , https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/naca2010_gallery4.html, [Erişim Tarihi: 20.06.2020].
- [20] G. Nicholson and C. Roberts, “Rapid manufactured fixed wing powered uav,” *Univ. Sheff. Adv. Manuf. Centre, Roatherham, Technical Report*, United Kingdom, 2014.

Aerodynamic Analysis of Morphing Winglets for Improved Commercial Aircraft Performance

Erdoğan KAYGAN^{1*} 

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

Abstract

This article describes the performance benefits of variable winglet configurations. The primary variables investigated involved varying the winglet twist and dihedral angle of a comparable Airbus A330-300 wing structure. Numerical studies have been carried out in AVL (Athena Vortex Lattice Method). In order to illustrate the aerodynamic benefits of morphing winglet concepts for different flight regimes, values of twist ($-10^\circ < \theta < 10^\circ$, in steps of $\pm 2.5^\circ$) and values of dihedral ($-90^\circ < \theta < 90^\circ$, in steps of $\pm 15^\circ$) were designed and numerically investigated. The results obtained from this work indicate that by carefully adjusting morphing winglets on air vehicles (Airbus A330-300), the aerodynamic performance benefits could be achieved.

Keywords: Aerodynamics, Aircraft, Drag, Morphing, Winglet

1. Introduction

NASA references morphing as ‘efficient, multi-point adaptability’ in the forthcoming aerial vehicles research [1]. The morphing aircraft is defined as a vehicle that changes configuration of its geometry during flight to adapt to different flight conditions [2]. In order to meet the ever increasing demand for more competent, robust and cost-effective designs, variable geometry concepts need to be revisited by engineers and/or designers. The variable geometry idea and/or original morphing aircraft effort comes from Wright Brothers’ design. Wright Brothers did not have a conventional control

surface at had a wing twist phenomena. Wing warping techniques were practically applied to control the first powered, heavier than air, aircraft through wing twist via subtended cables [3]. However, in today’s aviation world, this technique is no longer available and replaced by conventional control surfaces which they provide substantial benefits for aircraft control (aileron for roll, elevator for pitch and rudder for yaw control). Lately, there is an argument that conventional wings with these traditional control surfaces do not provide the optimum solution for aircraft performance in all

Corresponding Author: Dr Erdogan KAYGAN, erdogankaygan@gau.edu.tr

Citation: Kaygan E. (2020). Aerodynamic Analysis of Morphing Winglets for Improved Commercial Aircraft Performance J. Aviat. 4 (1), 31-44.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-3319-3657>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.716194>

Received: 8 April 2020 **Accepted:** 7 June 2020 **Published (Online):** 22 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

flight regimes as the lift requirements for aircraft can vary within a typical flight due to fuel burn.

Birds are another motivation for morphing aircraft. They are unique among flying animals in that they display an array of local changes in wing shape due to the deflection of the feather. The best known examples are indicated in Figure 1. It can be clearly seen that they alter their wing shapes to adapt different flight regimes such as take-off, landing, gliding, soaring, and so on [4]. With new results in bio-inspiration and recent advances in aerodynamics, controls, structures, and materials, researches finally converging upon the set of tools and technologies needed to realize the original dream of aircraft which are capable of smooth and continuous shape changing. After recent discoveries in bird flight mechanics, two significant and ambitious research programs that were to have far-reaching and productive effects on morphing aircraft appeared. In 1998, NASA's Morphing Aircraft Program aimed to investigate new shape changing morphing aircraft using adaptive materials, micro control devices, and also biologically inspired material technologies to enhance the manoeuvrability and aerodynamic performance of the aircraft [5]. The research program will continue to develop new aircraft structures using updated materials until 2030. Similar to NASA's Morphing Aircraft Program, DARPA's Morphing Aircraft Structure Program is currently engaged in large-scale coordinated efforts to develop morphing flight vehicles capable of drastic shape change in flight [6]. This program, which is sponsored by NextGen Aeronautics, Lockheed Martin and Raytheon Missile System, started in 2002. Following these programs, more and more researches also conducted to illustrate morphing applications and their benefits on aerodynamics and control of an aircraft. In this regard, a detailed description of past and current morphing aircraft concepts are well summarized by Barbarino et al. [7], and Weissahaar et al.[8]. According to their survey, various shape changing concepts were analysed and all pros and cons of morphing aerial vehicles were clearly expressed. Similarly, Ajaj et al. [9] succinctly mapped out the

morphing applications by highlighting the latest research as well as presenting the historical connections of morphing aircraft. [10]

Prandtl's Lifting Line Theory was the first mathematical method to estimate the performance of a wing's lift capabilities for an aircraft [11]; being thereafter modified by Philips [12,13] to estimate the influences of wing twist on lift distribution. Following this seminal work, more studies have considered morphing wing and/or winglet twist configuration both theoretically and experimentally, to investigate influences on the aerodynamic performance of an aircraft. Recent work has detailed of wing twist systems using piezoelectric and pneumatic actuators [14–16]torque rods, adaptive stiffness structures[17], threaded rods [18], and shape memory alloys [19–21].The fishbone active camber wing concepts were introduced by Woods et al. [22]. 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.

Similar to wing morphing concepts, the past surveys and investigations have shown that winglets and/or wingtip devices offer possible solutions to both reducing induced drag as well as improve the range and aerodynamic performance of an aircraft [23–28]. Also, many studies have found that winglets can provide up to a 6% reduction in CO_2 emissions and 8% reduction in NO_x emission. Although all winglets have different functionalities, they are all intended improve aerodynamic performance and for that matter wingtip devices. The first major breakthrough was introduced by Whitcomb [29]. Likewise, NASA provided good evidence for the efficiency of winglet devices between 1974 and 1976 [30]. They assessed different drag reducing devices and wingtip devices with results showing winglets can improve aircraft efficiency by 10-15% during cruise. Later on most of the commercial long range aircraft has installed winglet to decrease the induce drag to save more

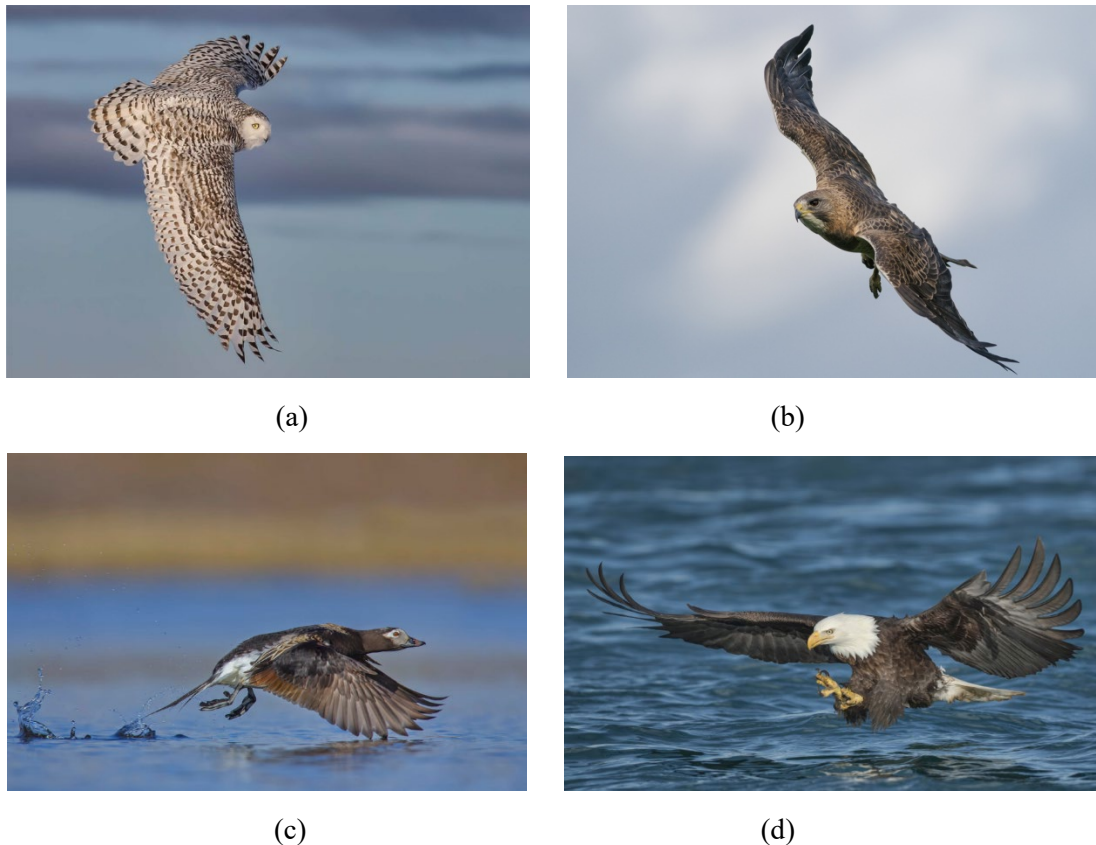


Figure 1. Birds' wingtip feathers. (A) Snowy Owl; (B) Swainson's Hawk; (C) Long-Tailed Duck; (D) Bald Eagle. Images courtesy of Ad Wilson (www.naturespicsonline.com) and Rob McKay(<http://robmckayphotography.com>) [4].

fuel. It is clear that winglets have a beneficial impact on the aerodynamic efficiency of an aircraft during cruise. Unfortunately, fixed position winglets do not provide the optimum solution for aircraft performance in all flight regimes as the lift requirements for aircraft change due to fuel burn. Recent studies have started to investigate possible ways of alleviating this fixed condition through incorporating methods with morphing technology to actively optimize the winglet position under different flight conditions. A novel method of controlling aircraft via adaptable winglet concepts was investigated by several researches. Bourdin et al. [31, 32] and Alvin et al. [33] 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. Multi-functional winglets were also investigated numerically and

experimentally by Kaygan et al.[34][35]. Recently, active winglet twist concepts investigated by Kaygan et al.[36, 37]. Novel design concepts with multiple morphing elements were utilised and the results illustrate the concept is superior to more conventional methods under designated 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 [38]. Although substantial improvement has been achieved in morphing wing and/or winglet concepts, the biggest challenging faced in morphing structure is the morphing skin, which has to be flexible for actuation, but also rigid to allow favourable aerodynamic performance to be obtained. Some prior literature on morphing skins, involve variety of structures and materials [39] however none have yet to achieve widespread use. This problem is particularly difficult as there are conflicting requirements.

The goal of the current study is to investigate the aerodynamic characteristics of morphing winglets for improved commercial aircraft performance. The major variables investigated involved changing the winglet twist and dihedral angle of a comparable Airbus A330-300 wing model by assigning the ideal angle of twist and dihedral, hence the rest of this paper will express the numerical analysis of selected twist and dihedral cases.

2. Design and Methodology

2.1 Wing Geometry

The wing model used for this study is shown in Figure 2 and Figure 3. It can be seen that swept wing configuration has been investigated which is a comparable wing structure with Airbus A330-300. Comparing with A330-300 original wing structure, swept wing model has an uniform trailing edge angle [40]. NACA 2415 airfoil profile was chosen for wing structure (as indicated in Figure 3 (e)), which is an asymmetrical airfoil that allows the aircraft to have more lift and less drag coefficient [41]), $\Lambda=30^\circ$ leading edge sweep angle, 60.30m wingspan, 10.56m root chord, 2.51m tip chord, with aspect and tip ratios of 9.6 and 0.24 respectively as indicated in Figure 6 . To measure aerodynamic benefits of a variable winglet concept, values of twist ($-10^\circ < \theta < 10^\circ$, in steps of $\pm 2.5^\circ$) and values of dihedral ($-90^\circ < \theta < 90^\circ$, in steps of $\pm 15^\circ$) were designed and numerically analysed.

2.2 Aerodynamic Model and Numerical Method

To calculate the aerodynamic properties of the various wing configurations, Athena Vortex Lattice (AVL) software is used which was originally coded by Harold Younger and further developed by Mark Drela [42]. Athena Vortex Lattice is a mathematical simulation package that determines the solutions to a linear aerodynamic flow model. The flow is incompressible and inviscid (aerodynamic wing structure is shown in Figure 3 (a) and Figure 5). The variation in lift can be modelled as a step change from one panel to other. The control points are placed at

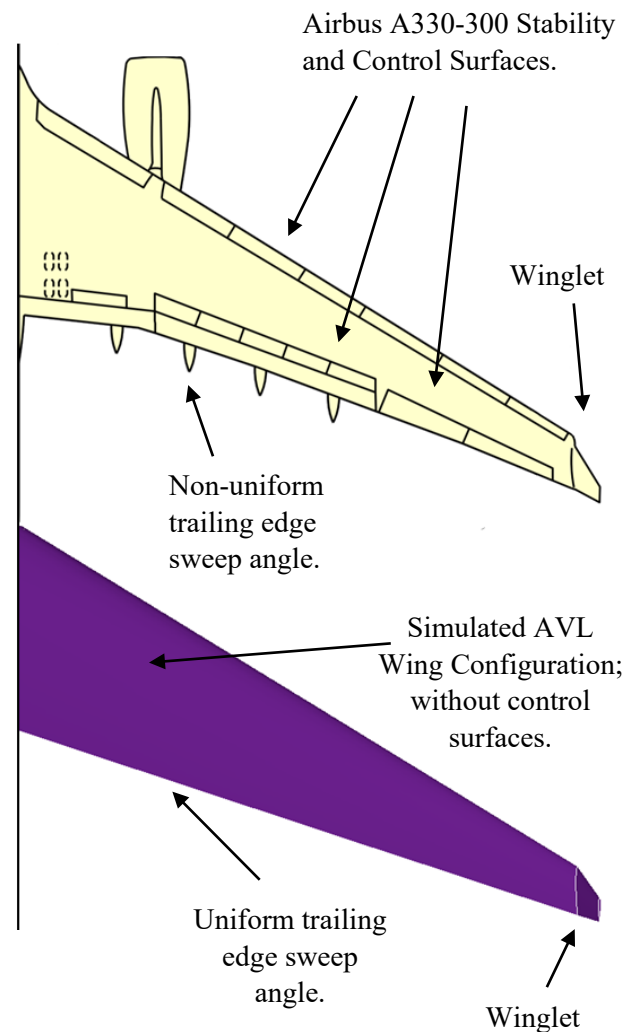


Figure 2. Airbus A330-300 Swept Wing Structure [40] and AVL Swept Wing Model.

3/4 chord for each panel at the midpoint position in the span-wise direction to achieve the required vortex strength by applying the flow tangency condition. Then, the Biot-Savart law was applied to solve the linear equations for the selected panel in three component vortex lines. One of the selected panel models is shown in Figure 4. For each panel, the same processes are followed to obtain the total vortex strength I_i .

The velocity at the control point of the panel is calculated by solving the formulas shown in Equation (1). R_1 and R_2 are the magnitude vectors

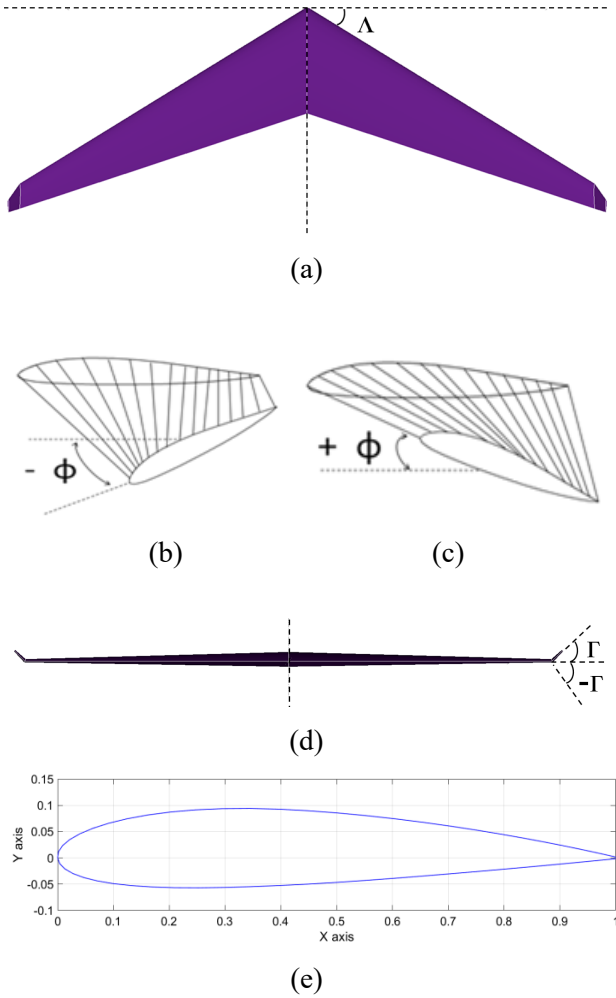


Figure 3. Computational Wing and Winglet Model: (a) AVL Aerodynamic Wing Structure, (b) Wash-in(positive twist) angle, (c) Wash-out(negative twist) angle, (d) Dihedral angle and (e) NACA 2415 Airfoil structure.

of r_1 and r_2 respectively (Equation (2)). The influenced matrix is created to solve the required vortex filament strength by multiplying the vortex strength vector and the free stream velocities as illustrated in Equation (3). (Where A is a non-linear function of a matrix depending on the wing shape, b is a vector that can be changed by varying the angle of attack and U_∞ is the given freestream velocity) [43].

$$w = \frac{1}{4\pi} \frac{r_1 \times r_2}{|r_1 \times r_2|} \left[r_0 \cdot \left(\frac{r_1}{r_1} - \frac{r_2}{r_2} \right) \right] \quad (1)$$

$$R_1 = \sqrt{(x+h)^2 + (y+k)^2}$$

and

$$R_2 = \sqrt{(x-h)^2 + (y-k)^2} \quad (2)$$

$$AI = U_\infty b \quad (3)$$

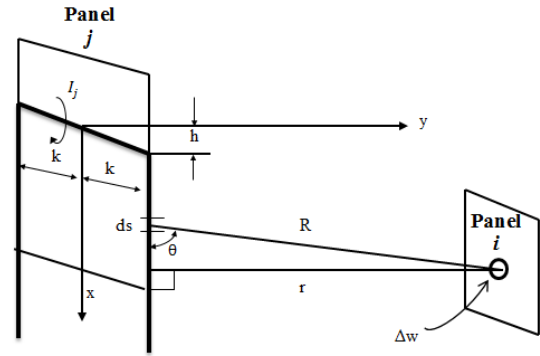


Figure 4. Selected panel in three component vortex lines for Vortex Filament Strength

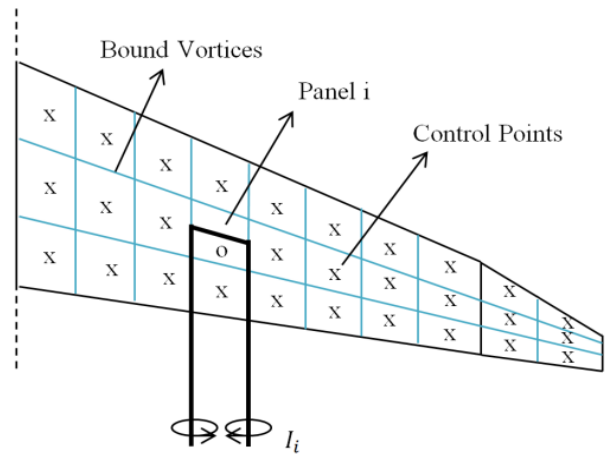


Figure 5. Computational Model of a Swept Wing Structure.

In order to compute the shape changing geometry such as the twist, sweep and dihedral angle, the relevant aerodynamic panel grids are deflected. This modelling method provides efficient and adequate solutions for the quick determination of the aerodynamic performance of the model being analysed. The vortex strength of the plane is determined by summing the multiplied vortex strength and rotation rates, as well as the velocities through following:

$$I = uI_u + vI_v + wI_w + pI_p + qI_q + rI_r + \delta_e I_{\delta_e} \quad (4)$$

After solving the vortex strength of each panel, the Kutta-Joukowski Law [44] is applied to obtain the force and moments on each panel over all of the bound vortex segments (Equation (5)).

$$dF = \rho U_\infty \times I dl \quad (5)$$

The lift force is obtained thereafter by integrating the panel lift distribution. The lift coefficient for a wing can then be calculated using Equation (6).

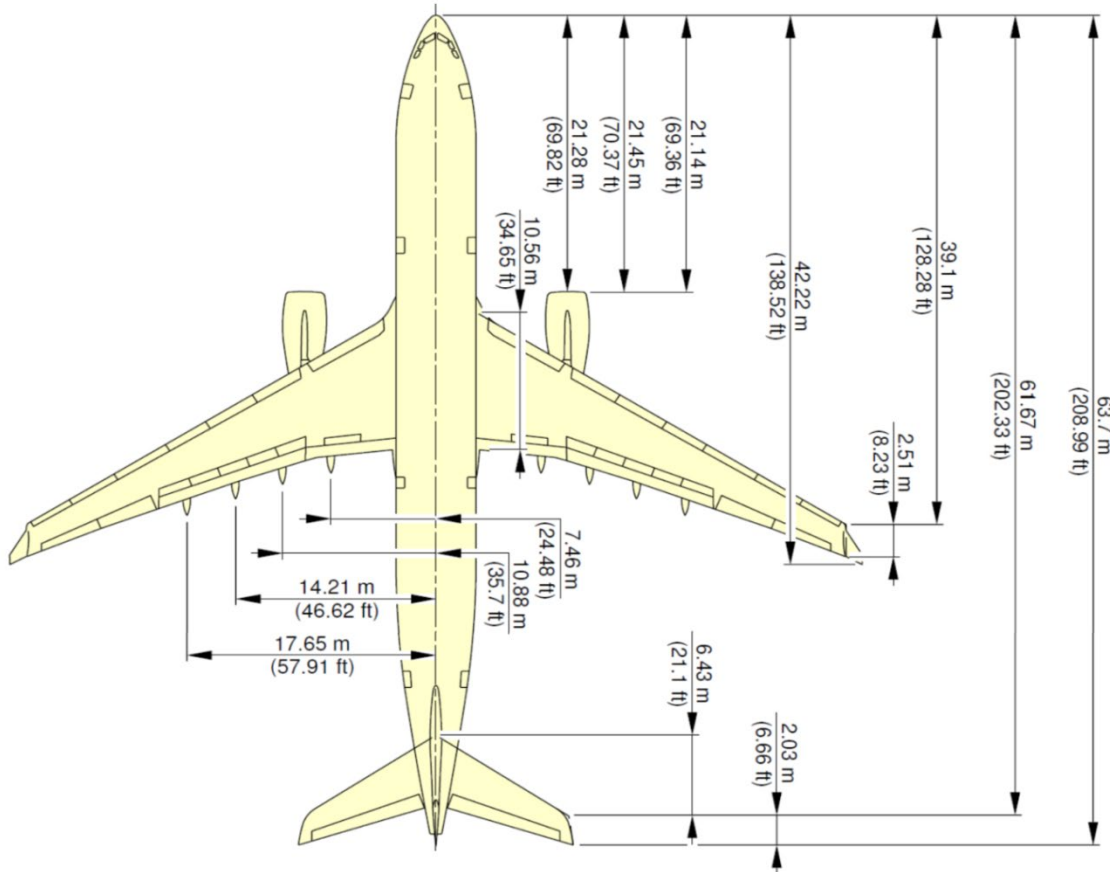


Figure 6. Airbus A330-300 Aircraft Structure [40].

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \tag{6}$$

Once the wing loading of the structure had been calculated, the variation between the flow angle and freestream velocity for each panel can be obtained. To determine drag force, each panel’s lift vector is rotated backwards relative to the freestream direction and integrated as follows:

$$dF = \rho U_\infty \times I dl \sin(\alpha) \tag{7}$$

with the drag coefficient being calculated as;

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \tag{8}$$

(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_∞ and V are the

given freestream velocity, C_D is the drag coefficient and C_L is the lift coefficient).

The free-stream velocity chosen for this investigation was 30 m/s and all results were computed without the influence of compressibility. Panel sensitivity analyses were performed on the baseline configuration prior to the widespread use of the developed model. Generally, this study involved observing the force and/or coefficient values for numerous diverse panel densities. Following this activity, all calculations were thereafter based on 80 horseshoe vortices along the wing chord, and 140 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 Changing Winglet Twist and Dihedral angle on Lift and Drag Coefficients

The change in static coefficients obtained from winglet deflection between $-10^\circ \leq \phi \leq +10^\circ$ and -90°

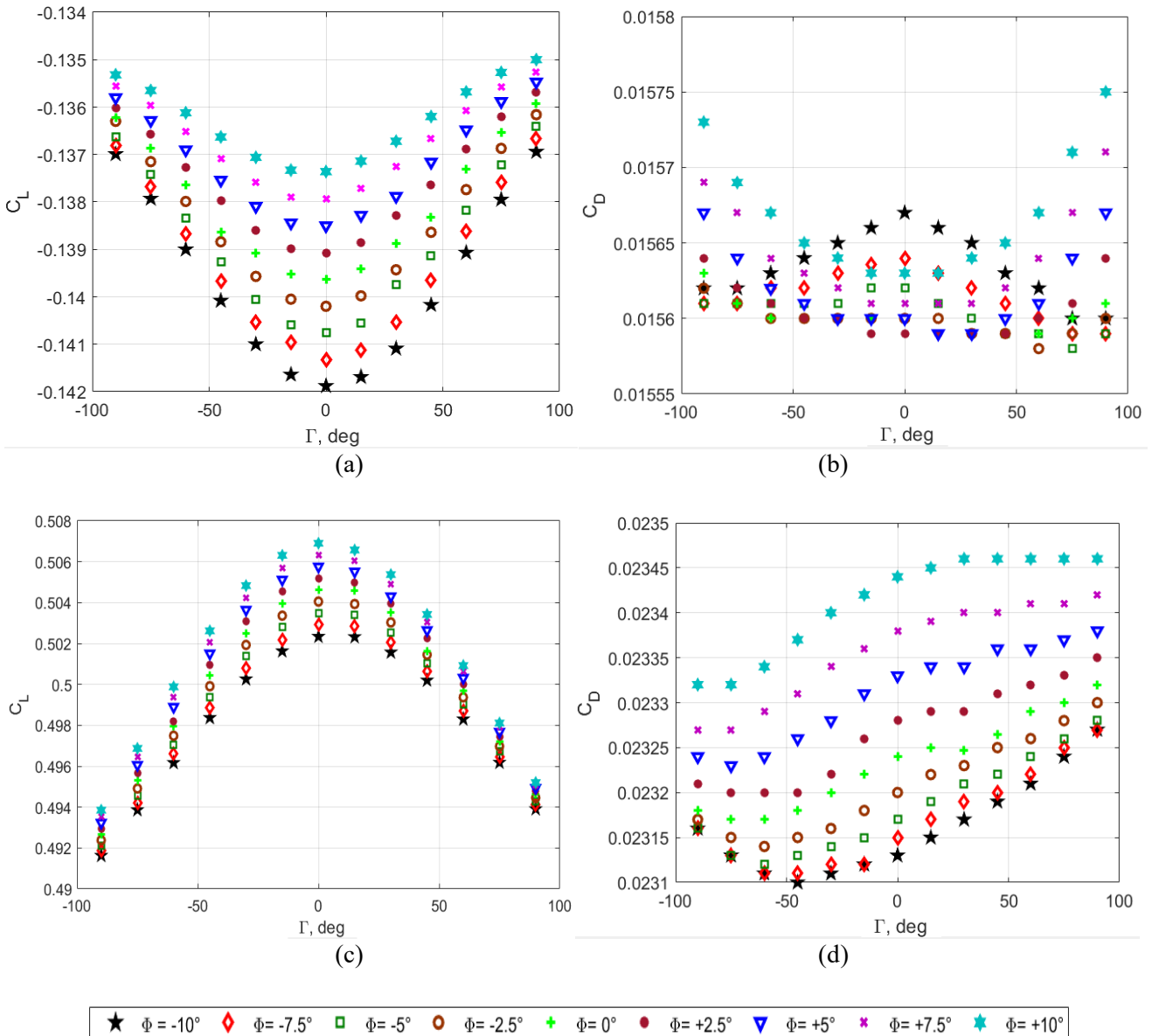


Figure 7. Effects of changing wing twist and dihedral angle: (a) Lift Coefficient (C_L) at $\alpha=-4^\circ$ and (b) Drag Coefficient (C_D) at $\alpha=-4^\circ$ (c) Lift Coefficient (C_L) at $\alpha=4^\circ$ and (d) Drag Coefficient (C_D) at $\alpha=4^\circ$.

$\leq \Gamma \leq +90^\circ$ are shown in Figure 7 and Figure 8. In order to dictate lift and drag coefficient results, both sides of the winglets were twisted and also winglets dihedral angles were changed. Figure 7 (a) and (c) illustrates the lift coefficient results at $\alpha=-4^\circ$ and $\alpha=4^\circ$ for different twisted and cant angled winglet configurations. It can be seen clearly that changing the twist angle of the winglet producing a corresponding increase and decrease in lift coefficient and maximum lift attained at $\phi = +10^\circ$ and minimum lift value obtained at $\phi = -10^\circ$. As can be seen from Figure 7(b), at $\alpha = 4^\circ$ where small incident angles are concerned, approximately 0.8%

and 1.5% small improvement seen for $\phi = +10^\circ$ compared to $\phi = 0^\circ$ (Airbus A-330 winglet) and $\phi = -10^\circ$ respectively. Increasing angle of attack to further, the lift capabilities of an aircraft constantly increases as expected. In Figure 8 (c), results seem to be enhanced further and comparing this pattern with other twist cases presented, similar results were obtained (at $\phi = +10^\circ$, 1.2% and 1.7% improvement compared to $\phi = 0^\circ$ and $\phi = -10^\circ$ respectively). This would be expected due to both net reductions in an effective angle of attack as the wingtip moves out of the wing plane and contribution to overall lift production reduces [45]. Similar results were also

found in [46] [36] where experimental results present greater C_L for higher positive twist angles.

control using winglet deflection as agreement with [36].

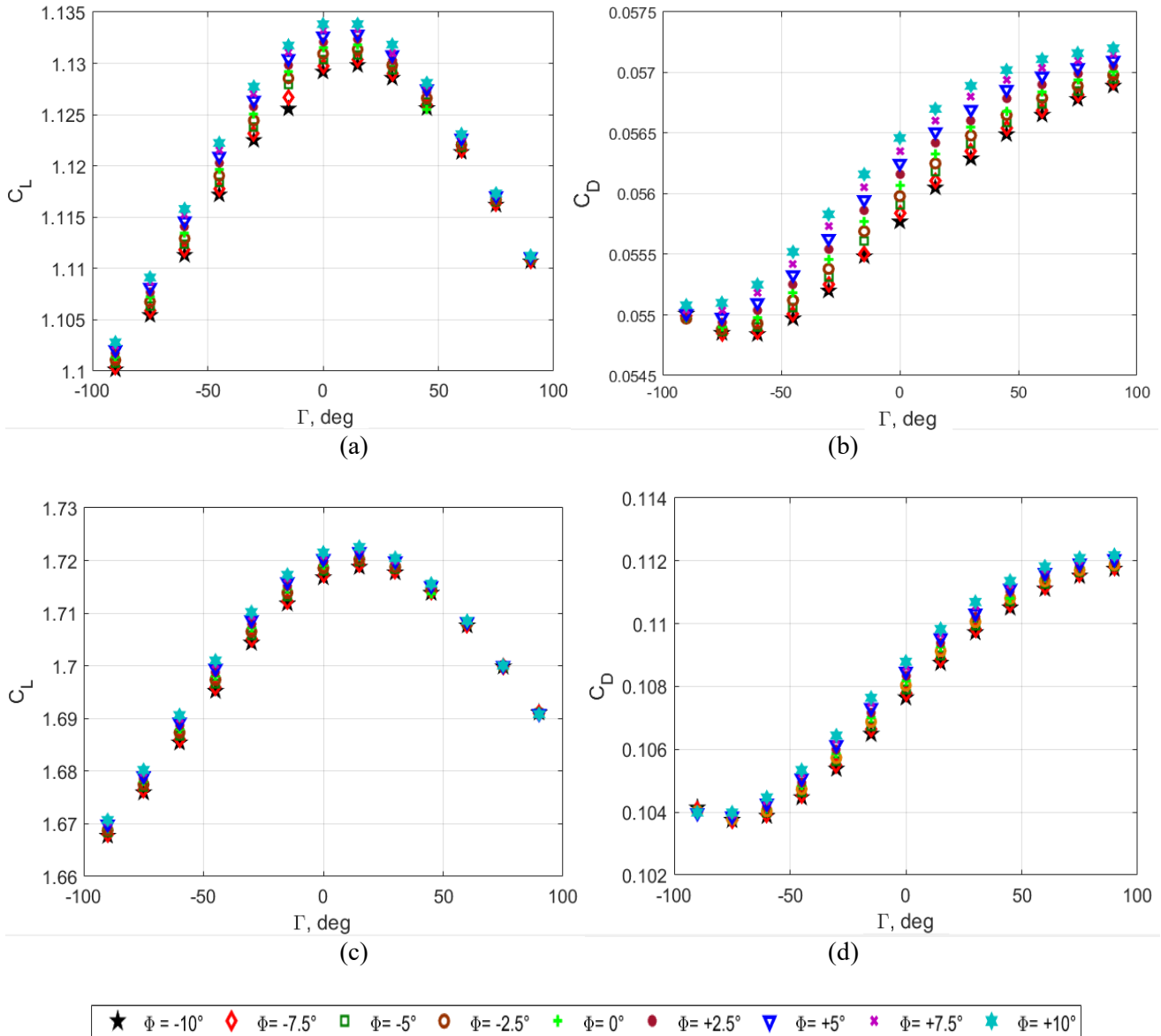


Figure 8. Effects of changing wing twist and dihedral angle: (a) Lift Coefficient (C_L) at $\alpha=12^\circ$ and (b) Drag Coefficient (C_D) at $\alpha=12^\circ$ (c) Lift Coefficient (C_L) at $\alpha=20^\circ$ and (d) Drag Coefficient (C_D) at $\alpha=20^\circ$

Opposing that increasing the winglet dihedral angle does have a detrimental effect on lift production. It can be seen from Figure 7 (a) and (c) and Figure 8 (a) and (b), cant angle at 0° generates the highest lift coefficient compare to other dihedral angles are concerned. Comparing $\Gamma=0^\circ$ with $\Gamma=-90^\circ$ and $\Gamma=90^\circ$, 4% and %3 improvement was achieved respectively. Similar results have also illustrated in [47] where increasing winglet dihedral angle reduces lift capabilities of an aircraft. This indication would be a good reference for aircraft

Combining both dihedral and twist configuration in together, aircraft lift curve was found to be substantial in some cases presented in Figure 7 and Figure 8. With $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 0^\circ-15^\circ$, the maximum lift value was obtained. Comparing this results with $\phi = -10^\circ$, $\Gamma = -90^\circ$ and $\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$ (original A330-300 winglet configuration) there are 4% and 1.5% improvement (as seen in Figure 8) respectively. Similar result patterns were also seen for other angles of attack. In overall, computational results showed that there is a greater improvement

in lift coefficient when wings are positioned at $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 0^\circ$, consequently this would be

dihedral angles indicate the highest drag profile because increased winglet's angle of attack with a

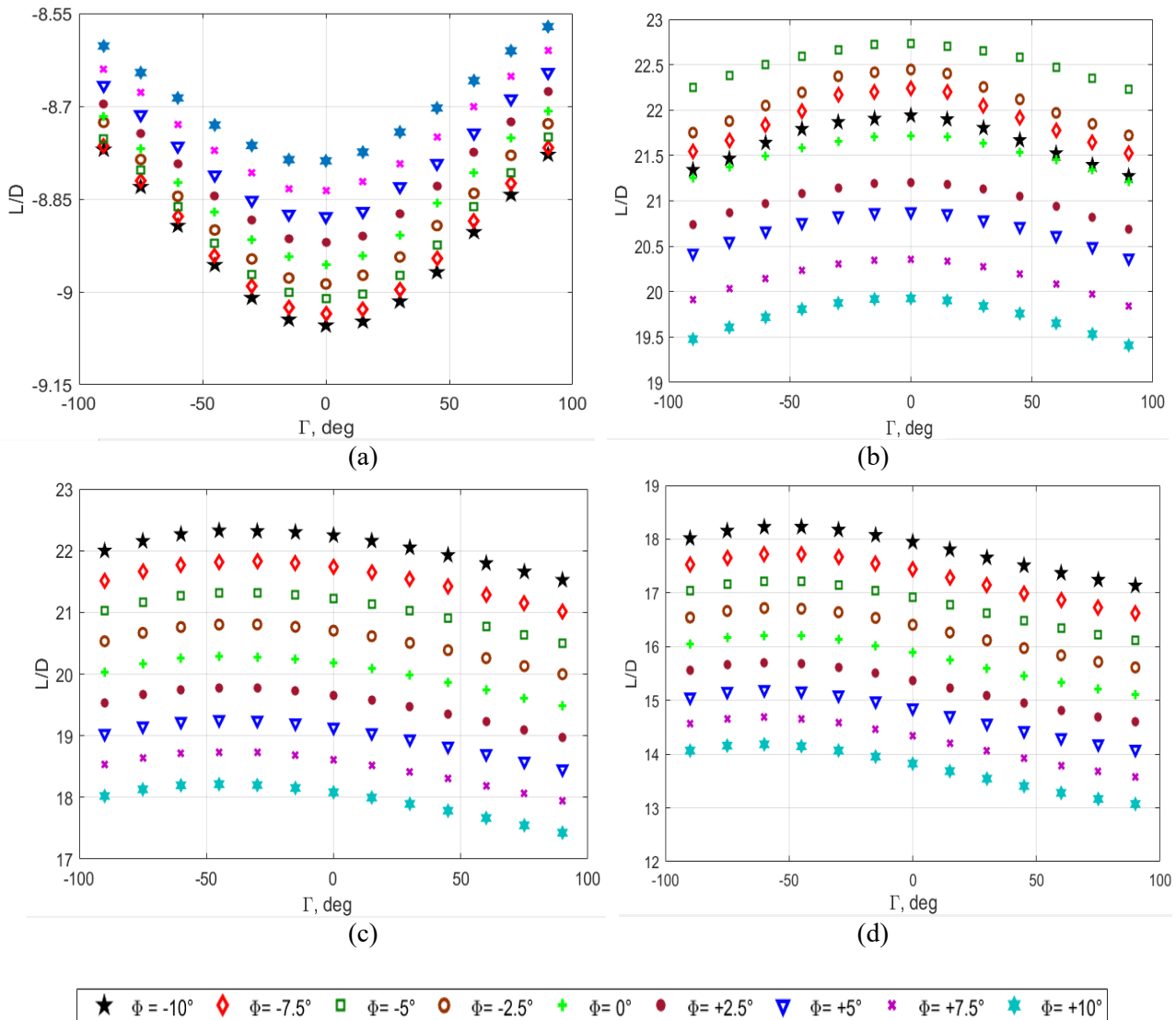


Figure 9. Effects of changing wing twist and dihedral angle: (a) Lift to Drag Ratio (L/D) at $\alpha=-4^\circ$ and (b) Lift to Drag Ratio (L/D) at $\alpha=4^\circ$ (c) Lift to Drag Ratio (L/D) at $\alpha=12^\circ$ and (d) Lift to Drag Ratio (L/D) at $\alpha=20^\circ$.

assigned as an alternative lift production case while taking off and landing conditions of an air vehicle are considered. In addition, in agreement with [34], there is also a tendency of asymmetrical lift production between positive and negative both twist and dihedral angles due to the use of an unsymmetrical airfoil profile. This result seems to be more favour for winglet $\Gamma > 0^\circ$.

Results for drag coefficients (see Figure 7(b) and (d) and Figure 8(b) and (d)) also illustrate significant changes with wing twist and dihedral angle change. As a whole, it can be seen that at positive winglet twist and greater winglet positive

positive twist tends to increase the drag polar. The variation of drag coefficients C_D versus dissimilar twist and dihedral angles at $\alpha=4^\circ$ are shown in Figure 7(d). As far as twist configurations are considered, it can be clearly seen that at $\phi = +10^\circ$ the drag increase was found 1.3% and 2.4% comparing to $\phi = 0^\circ$ and $\phi = -10^\circ$ respectively. At $\alpha=12^\circ$, for the curves of the morphing winglet indicates the value of C_D increased further, and the pattern seems to be very similar to other cases presented. However, drag variation between each twist configuration at the highest angle of attack ($\alpha=20^\circ$) was found to be reduced slightly but

still shows similar drag curve (at $\phi = +10^\circ$ the drag increase was found 1.2% and 1.9% comparing to $\phi = 0^\circ$ and $\phi = -10^\circ$ respectively). 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][35][26].

When dihedral features are also concerned minimum drag profile seems to exist for $\Gamma = 60^\circ$. In general, there is a linear drag reduction from $\Gamma = 60^\circ$ to $\Gamma = -45^\circ$. Minimum drag value obtained at $\Gamma = -45^\circ$ at $\alpha = 4^\circ$ for negative twist winglet (washout) configuration. As increasing angle of attack to further, this behaviours changed and it can be seen from Figure 8 (b) and (d), minimum drag result was shifted to $\Gamma = -60^\circ$ and $\Gamma = -75^\circ$. When added twist movements are also considered, significant results experienced. Looking at $\phi = -10^\circ$ and $\Gamma = -45^\circ$, the drag reduction observed 1.4% and 2.1% comparing to $\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$ (Airbus A330-300 winglet configuration) and $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 90^\circ$ (Airbus A330-300 winglet configuration) at $\alpha = 4^\circ$ respectively.

As can be seen from Figure 8 (b), drag curve shows increment with α growth to 12° and 20° . At $\phi = -10^\circ$ and $\Gamma = -60^\circ$ the drag reduction was found 4.2% and 5.3% contrary to $\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$ (Airbus A330-300 winglet configuration) and $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 90^\circ$ respectively. This would later allow morphing winglets to improve an aerodynamic performance of an aircraft. As is well-known that drag reduction plays a noteworthy role to dictate how much fuel spent during the flight. According to NASA Dryden investigations, even a 1% reduction in drag would save the wide-body commercial aircraft \$140 million/year, at a fuel cost of \$0.70/gal[48].

3.2 Effects of Changing Winglet Twist and Dihedral angle on Aerodynamic Performance of an Aircraft

The lift to drag ratio is the ratio of the amount of lift to drag produced from an aerofoil and is a direct measure of aerodynamic efficiency. Figure 7 and Figure 8 illustrate lift and drag results for various winglet configurations. The information achieved from these two graphs permitted the construction of a graph measuring L/D ratio as shown in Figure 9.

The graph depicts that winglets in some configuration have a positive impact on aerodynamic performance of an aircraft. This attribute makes the variable winglet technology suitable for an aircraft to perform multi-mission tasks in which the requirements on the flight speed and the range/endurance are diverse. At $\alpha = 4^\circ$, the best aerodynamic efficiency (L/D) was obtained for $\phi = -5^\circ$ and $\Gamma = 0^\circ$ (see Figure 9 (b)). Comparing this configuration with original Airbus A330-300 winglet structure ($\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$), $\phi = -2.5^\circ$ $\Gamma = 0^\circ$, and $\phi = +10^\circ$ $\Gamma = 90^\circ$, 1.4% 2% and 15% improvement was achieved respectively.

As increasing angle of attack to 12° (see Figure 9 (c)) results seem to be slightly changed. Overall, the magnitudes of L/D are decreased slightly for all configurations. This would be expected due to increasing angle of attack have a tendency to increase the drag coefficient results (as seen in Figure 8(b)) distinctly, hence it causes to diminish an aerodynamic performance of an aircraft. The maximum lift to drag ratio was observed for $\phi = -10^\circ$ and $\Gamma = -45^\circ$. Comparing this configuration with $\phi = -7.5^\circ$ and $\Gamma = -45^\circ$, $\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 4^\circ$ and $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 90^\circ$, 4%, 13% and 24% improvement was seen respectively which shows that when morphing winglets positioned to $\phi = -10^\circ$ and $\Gamma = -45^\circ$ will have the optimum performance in climb. Figure 9 (d) shows L/D ratio for all configurations at $\alpha = 20^\circ$. According to data, it can be seen that, in overall, values are marginally reduced and the highest performance was obtained at $\Gamma = -45^\circ$ and $\phi = 0^\circ$. Approximately 17% and 29% improvement was attained compare to $\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$ (A330-300 winglet configuration) and $\phi = +10^\circ$ and $\Gamma = 90^\circ$ respectively. Consequently, the use of the variable winglet concept enhances the aerodynamic performance of the Airbus A-330 by increasing its lift to drag ratio at low angles of attack, which is useful to increase the maximum range or endurance of an aircraft in cruise where the most of fuel is spending, in agreement with [49].

3.3 Morphing Winglet Adaptability for Flight Regimes

It is clear that various winglet configurations indicated different aerodynamic properties which were expressed in Section 3.1 and 3.2. Hereafter,

figure 10 sufficiently demonstrates the morphing winglet applications for 6 different flight regimes.

increasing winglet dihedral angle to maximum will increase the root bending

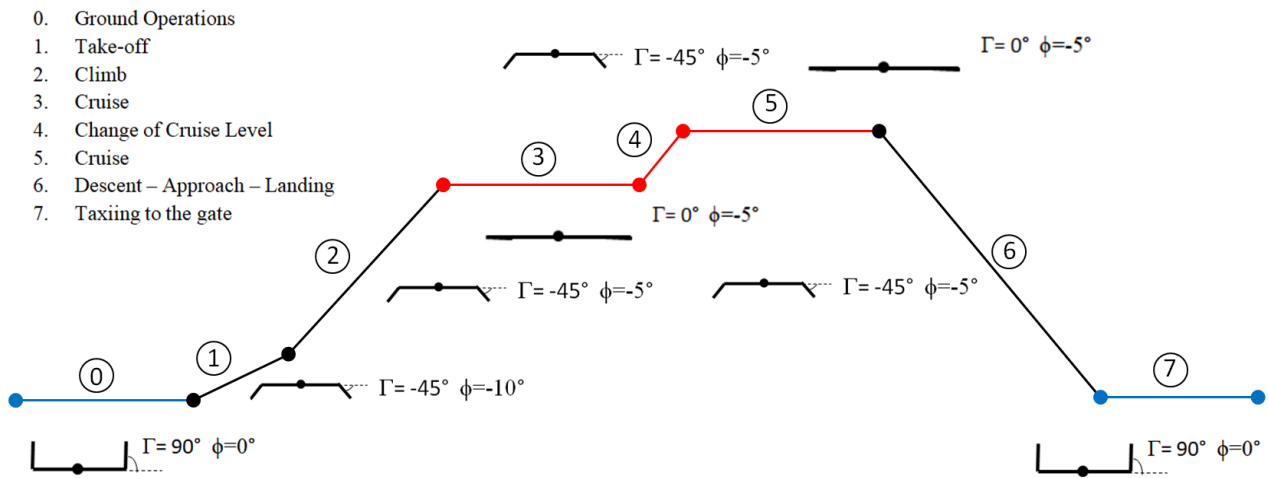


Figure 10. Morphing Winglet Adjustments for Various Flight Conditions.

The recommended winglet configurations were selected in a base of the enhancements in the aerodynamic performance of an aerial vehicle. Totally six flight profiles were suggested to utilize as agreement with [50] and according to results:

- During the movement of an aircraft on the ground, it is recommended to use winglet dihedral angle as high as possible to reduce wingspan of a wing, hence $\phi=0^\circ$ and $\Gamma=90^\circ$ winglet configuration can be used.
- When aircraft move to take-off stage, $\phi=-10^\circ$ and $\Gamma=-45^\circ$ winglet configuration can be used. Furthermore, $\phi=-10^\circ$ and $\Gamma=-60^\circ$ and/or $\phi=-7.5^\circ$ and $\Gamma=-60^\circ$ winglet configurations are also be used which performs higher lift slope with low drag profile. In addition, at the beginning of the climb phase airplane can set the winglet position to $\phi=-5^\circ$ and $\Gamma=-45^\circ$ or $\phi=-10^\circ$ and $\Gamma=-30^\circ$. This was taken due to the highest lift to drag ratio at high angle of attack.
- At cruise level where the most of fuel is spending, in agreement with [49], $\phi=-5^\circ$ and $\Gamma=0^\circ$ winglets can be used. Alternatively, $\phi=-2.5^\circ$ and $\Gamma=0^\circ$ can also be used due to low drag value. These configurations sometimes can be changed due to weather conditions, weights and other requirements. Furthermore,

moments which can cause adverse effects for aircraft structure.

- At phase 4, when changing the cruise level $\phi=-5^\circ$ and $\Gamma=45^\circ$ winglet settings can be adjusted due to high lift slope with less drag force. Moreover, $\phi=0^\circ$ and $\Gamma=90^\circ$ is also acceptable.
- Descents are an essential component of an approach to landing. At this stage (6), it is suggested to use $\phi=-5^\circ$ and $\Gamma=-45^\circ$ winglet configuration.
- After landing, similar to phase 0, winglet with the highest degree of dihedral can be used (hence $\phi=0^\circ$ and $\Gamma=90^\circ$). This allows aircraft to reduce wingspan (size) to fit regular gates.

4. Conclusion

Morphing winglet concept has been computationally examined in this paper. The concept consists of numerous twist ($-10^\circ \leq \phi \leq +10^\circ$) and dihedral ($-90^\circ \leq \Gamma \leq +90^\circ$) winglet configurations. To illustrate performance benefits for all flight regimes, models are carefully analysed for each flight phase requirements. Besides that results are compared with A330-300 Wing and winglet configuration. According to the concept aforementioned (see Section 3), different dihedral and twist angles provide substantial improvements

for an aircraft. Proposed concept appears to be a possible way to optimize flight performance for each flight conditions such as take-off, climb, cruise, descent and landing. Furthermore, the concepts also showed potential aerodynamic performance benefits at (the highest ratio (L/D) obtained when winglets positioned) $\phi = -5^\circ$ and $\Gamma = 0^\circ$ compare to Airbus A330-300 conventional wing configuration ($\phi = 0^\circ$ and $\Gamma = 45^\circ$).

Nomenclature

- A = Non-linear function of a matrix
- b = Variable vector
- C_D = Drag coefficient
- C_L = Lift coefficient
- L/D = Lift to Drag Ratio
- c = Wing chord
- i = Selected wing panel
- I_i = Total vortex strength
- L/D = Lift to Drag ratio
- R_1 and R_2 = Magnitude Vector
- U_∞ = Freestream velocity
- α = Angle of Attack
- ϕ = Twist Angle
- Λ = Sweep Angle
- Γ = Dihedral or Can't Angle

References

[1] A. R. et al McGowan, "Recent Results from NASA's Morphing Project," in *9th International Symposium on Smart Structure and Materials*, 2002, p. SPIE PaperNo.4698-11.

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

[3] 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.

[4] E. Wilson, "Nature photography," *Nature*, vol. 82, no. 2100, pp. 371–372, 1910.

[5] NASA, "21st Century Aerospace Vehicle, Morphing Airplane." .

[6] T. G. Ivanco, R. C. Scott, M. H. Love, S. Zink, and T. a. Weisshaar, "Validation of the Lockheed Martin morphing concept with wind tunnel testing," vol. 23, p. 26, 2007.

[7] 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.

[8] T. A. Weisshaar and T. H. E. M. Challenge, "Morphing Aircraft Technology – New Shapes for Aircraft Design," 2006.

[9] 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.

[10] E. Kaygan and C. Ulusoy, "Effectiveness of Twist Morphing Wing on Aerodynamic Performance and Control of an Aircraft," vol. 2, no. 2, pp. 77–86, 2018.

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

[12] 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.

[13] W. F. Phillips, S. R. Fugal, and R. E. Spall, "Minimizing Induced Drag with Wing Twist, Computational-Fluid-Dynamics Validation," *J. Aircr.*, vol. 43, no. 2, pp. 437–444, 2006.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.

[17] M. Majji, "Design of a Morphing Wing : Modeling and Experiments," *Am. Inst. Aeronaut. Astronaut.*, p. 9, 2008.

[18] 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.
- [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] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] R. Eppler, “Induced drag and winglets,” *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 3–15, 1997.
- [24] J. Guerrero, M. Sanguineti, and K. Wittkowski, “CFD Study of the Impact of Variable Cant Angle Winglets on Total Drag Reduction,” 2018.
- [25] N. M. Ursache, T. Melin, A. T. Isikveren, and M. I. Friswell, “Morphing Winglets for Aircraft Multi-phase Improvement,” *7th AIAA Aviat. Technol. Integr. Oper. Conf.ATIO May*, no. September, pp. 18–20, 2007.
- [26] 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.
- [27] M. J. Smith, N. Komerath, R. Ames, O. Wong, and J. Pearson, “Performance Analysis Of A Wing With Multiple Winglets,” 2001.
- [28] a Beechook and J. Wang, “Aerodynamic Analysis of Variable Cant Angle Winglets for Improved Aircraft Performance,” no. September, pp. 13–14, 2013.
- [29] R. T. Whitcomb, “Wind-Tunnel Subsonic Mounted Approach Results Speeds For And At Selected Wing-Tip Winglets National Aeronautics and Space Administration,” Washington D. C., 1976.
- [30] R. Hallion, “NASA’s Contributions to Aeronautics: Aerodynamics, Structures, Propulsion, and Controls,” Washington, 2010.
- [31] P. Bourdin, A. Gatto, and M. I. Friswell, “Aircraft Control via Variable Cant-Angle Winglets,” *Journal of Aircraft*, vol. 45, no. 2, pp. 414–423, 2008.
- [32] 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.
- [33] A. Gatto, F. Mattioni, and M. I. Friswell, “Experimental Investigation of Bistable Winglets to Enhance Aircraft Wing Lift Takeoff Capability,” *J. Aircr.*, vol. 46, no. 2, pp. 647–655, Mar. 2009.
- [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] 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.
- [37] E. and Kaygan and A. Gatto, “Structural Analysis of an Active Morphing Wing for Enhancing UAV Performance,” vol. 12, no. 10, pp. 948–955, 2018.
- [38] A. Gatto and E. Kaygan, “BLADE OR WING,” WO/2018/046936.
- [39] C. Thill, J. Etches, I. Bond, K. Potter, and P. Weaver, “Morphing skins,” no. 3216, pp. 1–23, 2008.
- [40] Airbus S.A.S., “Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning (A330-300/-800),” France, 2018.
- [41] 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.
- [42] M. Drela and H. Youngren, “Project 4 – Aircraft Aerodynamic Characteristics,” pp. 1–7.
- [43] C. E. Lan, “A quasi-vortex-lattice method in thin wing theory,” vol. 11, no. 9, 1974.
- [44] P. G. Saffman, *Vortex Dynamics* Cambridge. England, U.K.: Cambridge Univ. Press, 1992.
- [45] W. F. Phillips, “Lifting-Line Analysis for Twisted Wings and Washout-Optimized Wings,” *J. Aircr.*, vol. 41, no. 1, pp. 128–136, 2004.
- [46] 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.
- [47] P. Bourdin, A. . Gatto, and M. Friswell, “The Application of Variable Cant Angle Winglets for Morphing Aircraft Control,” in *24th Applied Aerodynamics Conference*, 2006, no. June, pp. 1–13.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] M. Sanguineti and K. Wittkowski, “Variable cant angle winglets for improvement of aircraft flight performance,” no. July, 2019.

Emniyet Yönetim Sistemi Uygulamalarının Kurumsal İmaj Üzerindeki Etkileri: Uçuş Eğitim Organizasyonlarında Bir Araştırma

Ahmet TEKE¹ *^{id}, Halil ŞİMŞEK² ^{id}

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, Uçak Teknolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Tarım ve Orman Bakanlığı, Gökçek Havacılık, Ankara, Türkiye

Özet

Günümüzde sektör çeşitliliğinin artmasıyla birlikte, havacılık işletmelerinin rekabet koşullarına ayak uydurabilmeleri için mevcut düzende yer alan kurallara azami uymaları gerekmektedir. Emniyet unsuruna gereken önemin verilmemesi, telafisi mümkün olmayan zararların doğmasına sebebiyet vermektedir. Havacılık işletmelerinin oluşacak zararı en aza indirebilmeleri için etkili bir Emniyet Yönetim Sistemi (EYS)'ne ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, EYS ile ilgili eğitimlerin yapılması, yönetim politikalarının etkin bir biçimde uygulanması ve prosedürel sorumlulukların yerine getirilmesi kurumun hem başarısını hem de imajını arttırarak sektörde söz sahibi olmasını sağlayacaktır. Bu araştırmadaki temel amaç, EYS uygulamalarının kurumsal imaj üzerindeki etkisini tespit etmektir. Bu kapsamda araştırma, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyet gösteren İstanbul, Ankara, Samsun ve Adana illerindeki uçuş eğitim organizasyonlarında eğitim alan pilotaj öğrencileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Anket tekniği ile toplanan 286 adet veri, istatistik paket programları (SPSS 21.0 ve AMOS 20.0) ile analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklere müteakip her iki ölçek için keşfedici ve doğrulayıcı faktör analizleri uygulanmıştır. Gerek kültürel gerekse de sektörel uyumu sağlamaya yönelik gerçekleştirilen yapısal modifikasyonlarla birlikte ölçeklerin geçerlilik ve güvenilirlikleri sağlanmıştır. Devamında normallik ve betimleyici istatistikler incelenmiştir. Son olarak, araştırmaya ait hipotezleri test etmek için korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Araştırmada sonuç olarak, EYS uygulamalarının kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, EYS ile ilgili uygulamaların kurumun imajının artmasına doğrudan etkisi olduğunu göstermektedir. Emniyetsizlik neticesinde yapılacak en küçük bir hatanın telafisi olmayan sonuçlar doğurması, havacılık işletmelerinin EYS ile ilgili kurallara uymalarını zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda, havacılık sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin dikkate alması gereken bazı faydalı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Emniyet Yönetim Sistemi, Sivil Havacılık, Uçuş Eğitim Organizasyonu, Kurumsal İmaj

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Öğr. Gör. Ahmet TEKE ahmetteke@aydin.edu.tr

Citation/Alıntı: Teke A., Şimşek H. (2020). Emniyet Yönetim Sistemi Uygulamalarının Kurumsal İmaj Üzerindeki Etkileri: Uçuş Eğitim Organizasyonlarında Bir Araştırma. J. Aviat. 4 (1), 45-60.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-0689-4204> ² <https://orcid.org/0000-0002-8775-1688>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.737910>

Gelis/Received: 15 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 19 Haziran **Yayınlanma/Published (Online):** 22 Haziran 2020

Copyright© 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

Effects of Safety Management System Applications on Corporate Image: A Research in Flight Training Organizations

Abstract

With the increasing sector diversity today, aviation companies are required to comply with the rules in the current system in order to keep up with the competition conditions. Failure to pay due attention to the safety factor results in damages that can not be recovered. An effective Safety Management System (SMS) is needed for aviation companies to minimize the damage that may occur. In this context, trainings related to the the SMS, effective implementation of management policies and fulfilling the procedural responsibilities will increase both the success and image of the institution and will lead to have an influence on the sector. The main purpose of this research is to determine the effect of SMS applications on corporate image. In this context, the research was carried out on pilotage students who were trained in flight training organizations in Istanbul, Ankara, Samsun and Adana provinces operating under the General Directorate of Civil Aviation. 286 data collected by survey technique were analyzed with statistical package programs (SPSS 21.0 ve AMOS 20.0). Following descriptive statistics, exploratory and confirmatory factor analyzes were applied for both scales. With the structural modifications made to ensure both cultural and sectoral compliance, the validity and reliability of the scales were provided. Then, normality and descriptive statistics were examined. Finally, correlation and regression analyzes were performed to test the hypotheses of the research. As a result, it has been determined that the SMS applications have a positive effect on the corporate image. This result shows that the applications related to the SMS have a direct effect on the image of the corporate. The smallest mistake to be made as a result of insecurity has uncompensable results, has made it obligatory for aviation companies to comply with the rules regarding SMS. In this context, some useful suggestions have been made that businesses operating in the aviation sector should consider.

Keywords: Safety Management System, Civil Aviation, Flight Training Organization, Corporate Image

1. Giriş

Havacılık tarihi incelendiğinde, yaşanan her krizde kurumsal imajın ne denli kritik bir unsur olduğu görülmektedir. Bu bağlamda Türk Hava Yolları ve Emirates gibi havacılık sektörünün önde gelen şirketlerinin küresel düzeyde yaşanan krizleri, sahip oldukları imaj sayesinde başarılı bir şekilde atlattıkları gözlenebilir. Konuya ilişkin yapılan araştırmalara bakıldığında kurumsal imajın altında yatan faktörlerin net bir şekilde ortaya konulmadığı görülmektedir. Havacılık faaliyetlerinin en temel unsurlarından biri olan emniyet faktörünün ise kurumsal imajın tesisi için hayati öneme sahip bir bileşen olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla yapılacak hiçbir faaliyetin Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) çerçevesi dışında gerçekleştirilmesi düşünülemez.

Bugünün piyasalarında rekabet avantajı sağlamak potansiyel müşteri kitlesinin dikkatini çekerek elde edilen kazancı sürdürebilir kılmakla mümkündür. Çok hassas dinamikler üzerine inşa edilen havacılık işletmelerinde ise konunun daha kritik olduğu görülür. Çünkü havacılık sektörü krizlere karşı en kırılgan sektörlerden biridir. Havacılık denildiğinde akla ilk olarak emniyet faktörü gelmektedir. Çok yönlü dikkat ve detaylı planlama gerektiren emniyet uygulamaları tüm

bileşenleriyle sağlanamadığı takdirde işletme potansiyel risklere karşı savunmasız hale gelecektir.

Tüketici zihninde yer edinmenin ve her koşulda tercih edilebilmenin anahtarlarından biri olan imaj, özellikle kriz dönemlerinde ön plana çıkmaktadır. Koşullar her ne kadar kötü olsa da tüketici tercihi daima pozitif imajdan yana olmuş ve bu avantaj işletmelerin en zor dönemlerde dahi krizlerle başa çıkabilmelerini sağlamıştır.

EYS'nin kurumsal imaja sağlayacağı katkılar göz önüne alındığında konuyu önemi daha net ortaya çıkmaktadır. Ancak gerek ulusal, gerekse de uluslararası düzeyde bu konuda yapılmış olan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. EYS'nin kurumsal imaj üzerindeki etkilerinin incelenmesi neticesinde ortaya çıkacak olan sonuçlar, araştırmacılara bu konuda yapacakları çalışmalar için yol gösterecektir. Böylelikle sistemin geliştirilmesi ve iyileştirilerek sürdürebilir hale gelebilmesi sağlanacak, havacılık işletmelerinin kurumsal imaj çalışmalarında temel bir kaynak görevi görecektir.

2. Emniyet Yönetim Sistemi

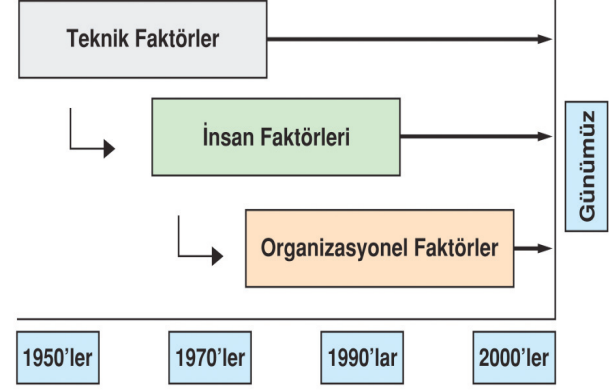
Baş döndürücü bir hızla gelişmekte olan havacılık sektörü, her geçen yıl daha çok insanın diğer ulaştırma vasıtalarına kıyasla hızlı ve kolay seyahat etmesine imkan sağlamaktadır [1]. Bu bağlamda Türkiye'de de 2010'lu yılların başında ortalama 5 milyar olan yolcu sayısının, 2030 yılı itibariyle 12-13 milyarlaraya ulaşacağı tahmin edilmektedir [2]. Bu denli hızlı büyüyen havacılık sektörünün gelişimini sağlıklı bir biçimde devam ettirebilmesi, faaliyetlerin havacılık emniyetinden taviz verilmeden, uluslararası kurallara uygun şekilde sürdürülmesinden geçmektedir [3]. Bugüne kadar yaşanan örnekler konunun önemini daha net ortaya koyarken, yapılan çalışmalar da [4-8] emniyet faktörünün havacılık sektöründe ne derece önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

Havacılık sektöründe uzun yıllar faaliyet gösteren şirketler, emniyetsizlik neticesinde oluşabilecek bir kaza sonucunda itibarlarını kaybederek ekonomik sıkıntılar yaşayabilmektedirler. Dolayısıyla büyüme potansiyeli ile emniyet tedbirlerine yapılan yatırımların paralellik gösterdiği söylenebilir. Ancak emniyet ile maliyet arasındaki dengeyi optimum düzeyde tutabilmek şirketlerin en temel görevlerindedir [9]. Emniyet unsuruna aşırı önem vermek gereksiz maliyetlerin, gereken önemi vermemekse telafisi mümkün olmayan zararların doğmasıyla neticelenebilir. Bu dengeyi sağlayarak, idame ettirebilmek de etkin bir emniyet yönetimiyle mümkün olacaktır. Emniyetin tesisinde risklerin ortadan kaldırılması tamamen mümkün olmamakla birlikte önemli olan, bunları kabul edilebilir sınırlar dâhilinde kontrol edebilmektir.

Hava taşımacılığındaki en kritik konulardan biri olan emniyetin [10] gerek teknik, gerek insani [11], gerekse de örgütsel açıdan olsun yaşanan havacılık kazalarında daima ön planda olduğu görülmektedir. Emniyeti tehdit eden bu faktörler havacılık literatüründe 1950'li yıllarda tanımlanmış ve yönetimin gelişimine paralel bir seyir izlemiştir. Önceleri yalnızca teknik olarak değerlendirilen risk faktörünün temelinde, 1970'li yıllarla birlikte hem kural koyucu hem de uygulayıcı konumda olan insan unsurunun olduğu [12] gerçeği kabul edilmiştir. Bugünse riske, bütünsel bir yaklaşımla

bakılabilmekte ve örgütsel anlamda kapsayıcı bir kavram olduğu kabul edilmektedir [13].

Tablo 1. Emniyet risk faktörlerinin gelişim seyri [13]



Yaşanan kazalar açısından bakıldığında ise, 1959-2015 yılları arasında dünya genelindeki toplam 1890 havacılık kazasının 404'ünün son on yılda gerçekleşmiş ve bunların da 72'sinin ölümcül boyutta olması [14] emniyet kavramının ne denli önemli olduğunu gözler önüne sermektedir. Ortaya çıkan bu rakamlar son derece hızlı gelişen teknolojiye rağmen taviz verilmemesi gereken en temel meselenin, yalnızca yönetimi değil, her faaliyet ve düzeydeki çalışanı ilgilendiren emniyetin tesisi konusu olduğunu göstermektedir. Havacılık kuruluşları için temel stratejik amaç [13] olarak benimsenen emniyete ilişkin farkındalığın oluşması ise sağlanacak olan kültüre bağlıdır ve bu noktada en kritik görev üst yönetime düşmektedir.

Şirketleri ayakta tutan yegane unsur olan kurum kültüründe "emniyet" prensibi zaman zaman ihmal edilebilmektedir. Ancak kurum içindeki pozisyonu ne olursa olsun her personelin, üzerine düşen görevi ortak değerlerden ödün vermeksizin layıkıyla yerine getirmesi, emniyet kültürünün oluşması ve idamesinde önemli unsurlardır. Bu bağlamda emniyet kültürünün yerleşmiş olduğu havacılık işletmelerinde, kaza ve olayların diğerlerine kıyasla daha az gerçekleştiği gözlenmektedir [11, 15, 16].

Kazaların altında yatan nedenler tek bir noktadan bakılarak değerlendirilecek kadar basit değildir. Detaya inildiğinde her kazada birden fazla, belirli bir zaman periyodunu içeren ve birbirleriyle bağlantılı olaylar zinciri olduğu görülür. Üst yönetim liderliğinde oluşturulacak Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) ile her faaliyet ve çalışan sürekli kontrol altında tutularak emniyette

devamlılık sağlanabilecektir. Bu bağlamda her havacılık işletmesinin uygulamakta olduğu EYS, "gerekli organizasyon yapısı, sorumluluklar ile politika ve prosedürleri içeren sistematik bir yaklaşımdır" şeklinde tanımlanabilir [17]. EYS, üst yönetim desteği ve ana sorumluluğunun yanı sıra her birim ve kademede çalışanın katılımıyla başarıya ulaşacaktır. Dolayısıyla bireylerden başlayarak işletmenin tümüne yayılan örgütsel çapta bir faaliyetler zinciri olduğunu söylemek mümkündür. Örgütsel amaçlar, EYS felsefesi ışığında belirlenir. Faaliyetlerin başarısı ise sistemin anlık kontrolü ve sürekli güncel tutulmasına bağlıdır [18]. Özetle, EYS'nin başarısı, etkin bir emniyet kültürünün oluşturulmasına, bu ise üst yönetimin çaba ve desteğine bağlıdır denilebilir [19].

3. Kurumsal İmaj

Günümüzde farklı alanlarda kullanılan imaj kavramının temelinde soyutluluk yatmaktadır. Zihinde canlandırılan bu kavram, yüklendiği her unsura bir anlam ve değer katar. Ancak bu değer her zaman olumlu değildir. Gerek pozitif, gerekse de negatif çağrışımlar imajın çift yönlü bir karaktere sahip olduğunu ve bu bağlamda sahibine yalnızca avantaj kazandırmayacağını gösterir. Küresel anlamda ticaretin hız kazanması ve uluslararası rekabetin ön plana çıkmasıyla birlikte literatürde üzerinde sıklıkla durulan bir değer haline gelen "imaj" ilk olarak Gardner ve Levy tarafından 1955 yılında marka bağlamında değerlendirilmiş, birey ve toplulukların belirli nesnelere olan yaklaşımları şeklinde ifade edilmiştir. Bu kişiler ayrıca sembolik bir kavram olarak düşündükleri imajı, tüketici zihninde şekillenen motivasyon ve duygusal bir tutum aracı olarak da nitelendirmişlerdir [20]. Ticarete gün geçtikçe önem kazanan imajın bilimsel çalışmalara konu olmasıyla birlikte farklı mecralarda kullanılarak çeşitlendiği görülmektedir. Zira kitle üretimi ve ticari sınırların ortadan kalkmış olması da kurumsal bağlamda karmaşık ve dinamik bir yapıya sahip imajın [21] şirketlere olan getirilerinin daha net görülmesine sebep olmuştur.

Kurumsal imaj bir şirket için değer yaratan ve rekabet avantajı sağlayan en temel faktörlerdendir. Çünkü rakipleri geride bırakarak karlılık ve gelişime katkısı ile her dönemde şirketlerin vazgeçilmez bir dayanağı olmuştur [22]. Diğer bir

deyişle kurumsal imaj, karşılıklı etkileşim neticesinde tarafların zihninde gerçekleşen ve şirkete dair düşüncelerin netleştiği değerler bütünüdür. Elde edilen algıların pozitif olması taraflar arasındaki güven duygusunun varlığına bağlı olarak sadakat, bağlılık, memnuniyet gibi olumlu çıktılarla kendini gösterecektir. Negatif algılamalar ise zihinlerde oluşan olumsuz imajın varlığına işaret eder. Bu da kurumlar için istenmeyen sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle kurumlar stratejik kararlarını pozitif yönde etkileyen olumlu imajın [23] yaratılması ve sürdürülebilir kılınması için büyük finansal yüklerle karşı karşıya kalmaktadırlar. İnsan kaynağından fiziki varlıklara kadar kurumsal kimliğin oluşumunda etkili olan çok sayıda faktörün [24] kurumsal imaja katkı sağlaması finansal değere sahip bu unsurlara yapılacak uzun dönemli yatırımlara bağlıdır. Bir bütün olarak düşünüldüğünde ise kurumsal imaj için diğer tüm faktörler insan unsuruna bağlı olarak gelişim gösterir. Zira yapılan tüm çalışmalar zihinde şekillenecek ve olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğuracaktır.

Kurumsal imaj gerek kaynak pozisyonundaki şirket, gerekse de alıcı pozisyonundaki tüketici için büyük öneme sahiptir. Zira bu olgu tüketici ile kurulan iletişimin ilk ayağıdır. Çünkü işletmeler ancak sağlıklı bir şekilde tesis edilen pozitif imaj sayesinde zorlukların üstesinden gelebilirler.

Kurumsal imajın etkisi yalnızca tüketici nezdinde düşünülemez. Çalışanlardan tedarikçilere, rakiplerden ortaklara kadar tüm paydaşları ilgilendiren bir unsurdur. Tek bir boyuta odaklanarak oluşturulmaya çalışılan imaj yalnızca kısa dönemli fayda sağlayacaktır. Uzun dönemli kalıcı etkilerden bahsedebilmek için imaj çalışmalarının toplumun her kesimine yönelik kapsayıcı bir şekilde gerçekleştiriliyor olması gerekmektedir [25].

Bir değerlendirme faaliyetinin sonucu olarak düşünüldüğünde imajın geleceğe dair bir yatırım aracı olduğu görülür. İyi bir imaj kazançlı müşteri ilişkilerini, devamında ise karlılık ve büyümeyi getirir [26]. Tüm bu pozitif etkenlerin yanı sıra güçlü bir kurumsal imaja sahip işletmeler kriz dönemlerini en az hasarla atlatarak daha hızlı toparlanma sağlamışlardır. Dolayısıyla imajın yalnızca müşteri ilişkileri açısından değil, aynı

zamanda kurumsal bağlamda da pozitif etkilerinin olacağını söylemek mümkündür.

4. Metodoloji

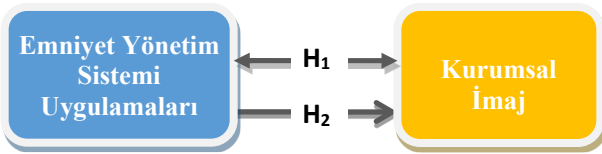
Bu bölümde; araştırmanın amacı ve önemi, model ve hipotezler, evren ve örneklem, veri toplama araçları, verilerin toplanması ve analizi ile ilgili bilgilere yer verilmektedir.

4.1. Amaç ve Önem

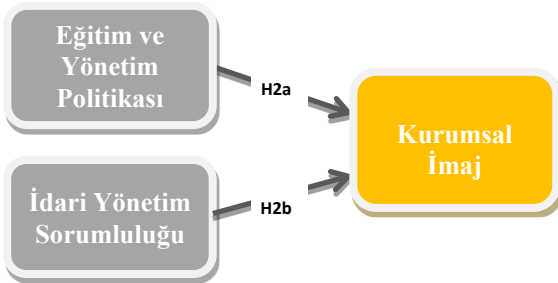
Havacılık sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin emniyetsizlik nedeniyle yaşanabilecek bir kaza durumunda imajlarının zedelenmesi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletmelerin imaj kaybına uğraması, güvensizlik ve ekonomik dengesizlik gibi bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. İşletmelerin bu tür sorunlardan ne şekilde etkilendiğini tespit etmek adına araştırmanın önemi daha da net anlaşılmaktadır. Bu kapsamda araştırmanın amacı, Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) uygulamalarının kurumsal imaj üzerindeki etkisini tespit etmektir.

4.2. Model ve Hipotezler

Araştırma hipotezlerinin test edilmesine yönelik oluşturulan model, temel değişkenler ve alt boyutlar bazında olmak üzere Şekil 1 ve Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma modeli (temel değişkenler bazında)



Şekil 2. Araştırma modeli (alt boyutlar bazında)

Araştırma kapsamında oluşturulan hipotezler aşağıda yer almaktadır.

H₁:Emniyet yönetim sistemi uygulamaları ile kurumsal imaj arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır.

H₂:Emniyet yönetim sistemi uygulamalarının kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır.

H_{2a}:Emniyet yönetim sisteminin eğitim ve yönetim politikası boyutunun kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır.

H_{2b}:Emniyet yönetim sisteminin idari yönetim sorumluluğu boyutunun kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır.

4.3. Evren ve Örneklem

Araştırma evrenini, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’ne bağlı uçuş eğitim organizasyonları oluşturmaktadır. Örneklemimizi ise İstanbul, Ankara, Samsun ve Adana illerinde faaliyet gösteren uçuş eğitim organizasyonlarında eğitim alan pilotaj öğrencileri oluşturmaktadır. Evrenin tamamına ulaşmanın mümkün olmaması ve bunun yanında zaman ve maliyet tasarrufu nedeniyle araştırma verilerinin toplanmasında kolayda örnekleme tekniği kullanılmıştır.

Genel bir kural olarak, analizlerin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için değişken sayısının en az 5 katı, daha kabul edilebilir bir oran için değişken sayısının 10 katı örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu savunulmaktadır [27]. Gerekli izinler alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada, yaklaşık 400 pilotaj öğrencisiyle irtibata geçilmiş ve dağıtılan anketlerden yalnızca %72’si (288) doldurulmuştur. Yine bu anketten 2’si eksik kodlama nedeniyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Sonuç olarak, 286 adet veri, araştırmanın veri hacmini oluşturmaktadır. Bu kapsamda araştırma için elde edilen 286 adet veri, örneklem hacminin yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

4.4. Veri Toplama Araçları

Araştırma verilerinin toplanmasında anket tekniği kullanılmıştır. Anketler, internet üzerinden dijital olarak toplanmıştır. Anketler dağıtılmadan önce katılımcılara konu ile ilgili gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve elde edilen geri dönüşler doğrultusunda kafa karışıklığı veya anlaşılmayan herhangi bir ifadenin olmadığı belirtilmiştir. Anket formu, iki ölçek ve bir de demografik bilgi formu olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Bu bağlamda:

Katılımcıların Emniyet Yönetim Sistemi uygulamalarına yönelik algılarını ölçmek için Chen ve Chen (2012) tarafından geliştirilen

dokümantasyon ve emirler, emniyet tanıtımı ve eğitimi, idari yönetim sorumluluğu, acil duruma hazırlık ve müdahale planı ile emniyet yönetim politikası olmak üzere toplam 5 boyut ve 20 soruluk “Emniyet Yönetim Sistemini Değerlendirme Ölçeği” kullanılmıştır [28]. Ölçeğin orijinali 25 sorudan oluşmaktadır. Orijinal ölçekteki 5 adet sorunun örnekleme uyarlaması mümkün olmadığından ölçekten çıkarılmıştır. Ölçek son haliyle 20 sorudan oluşmaktadır. Bu kapsamda ölçeğin yapısının bozulması ve aynı zamanda Türk kültürüne uyarlamasının gerekli oluşundan dolayı geçerlilik ve güvenilirlik analizleri ayrıca yapılacaktır.

Katılımcıların kurumsal imaj algılarını ölçmek için Souiden vd. (2006) tarafından geliştirilen tek boyut ve 5 soruluk “Kurumsal İmaj Ölçeği” kullanılmıştır [29]. Orijinal ölçekteki 4. soru hariç diğer tüm sorular birden fazla yargı ölçtüğünden dolayı bu sorular, katılımcılar tarafından kafa karışıklığına sebebiyet vermemesi açısından ikiye ayrılmıştır. Ölçek son haliyle 9 sorudan oluşmaktadır.

Son olarak, katılımcılara ait demografik özellikleri ölçmek için ise yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu ve aylık gelir ile ilgili değişkenlerin yer aldığı 5 soruluk “Demografik Bilgi Formu” kullanılmıştır.

Anket formu toplamda 34 adet sorudan oluşmaktadır. Ölçekler, 5’li tip Likert derecelendirmesi (1=Kesinlikle Katılmıyorum... 5= Kesinlikle Katılıyorum) ile ölçülmüştür.

4.5. Verilerin Toplanması ve Analiz Edilmesi

Araştırma verileri, Aralık 2019 ile Nisan 2020 tarihleri arasında toplanmış ve araştırma için gerekli olan analizler Microsoft Excel, Statistical Package for the Social Sciences-SPSS 21.0 ve Analysis of Moment Structures-AMOS 20.0 istatistik paket programları ile yapılmıştır.

Anket formu yardımıyla toplanan veriler analize dahil edilmeden önce, anket formları eksik veya hatalı kodlama yönünden kontrol edilmiştir. Devamında literatürde yeni olan ve kültürel bağlamdaki faktör yapılarının tespiti ile veri model uyumunu test etmek için geçerlilik ve güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Geçerlilik ve güvenilirlik analizleri sonrası oluşan yeni yapıların normalliği

test edilmiştir. Daha sonra betimleyici istatistikler, korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır.

5. Bulgular ve Tartışmalar

Araştırmanın bu bölümünde geçerlilik ve güvenilirlik analizleri, normallik istatistikleri, tanımlayıcı ve betimleyici istatistikler ile hipotezleri test etmek için korelasyon ve regresyon analizleri ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

5.1. Güvenilirlik Analizleri ve Tanımlayıcı İstatistikler

Güvenilirlik, bir değişkenin çoklu ölçümleri arasındaki tutarlılık derecesinin bir değerlendirmesidir. Güvenilirliğin belirlenmesinde kullanılan bazı ölçütler vardır. Yaygın olarak kullanılan ölçütlerin başında iç tutarlılık gelmektedir. İç tutarlılık, ölçekte yer alan tüm değişkenlerin aynı yapıyı ölçmesi ve bu nedenle birbiriyle yüksek derecede korelasyonlu olması gerektirir [27]. İç tutarlılığı test etmek amacıyla Likert tipi ölçekler için sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında Cronbach Alfa tekniği gelmektedir. Cronbach Alfa 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Güvenilirliğin kabul edilebilmesi için alfa değerinin minimum 0,60 olması gerekmektedir [27, 30].

Emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj ölçeklerinin faktör analizleri öncesi iç tutarlılıklarını test etmek için yapılan güvenilirlik analizi uygulanmıştır. Elde edilen Cronbach Alfa değerleri Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Ölçek ve alt boyutlarına ilişkin cronbach alfa değerleri

Değişkenler	α
Emniyet Yönetim Sistemi	0,965
Dokümantasyon ve Emirler	0,912
Emniyet Tanıtımı ve Eğitimi	0,957
İdari Yönetim Sorumluluğu	0,783
Acil Duruma Hazırlık ve Müdahale Planı	0,965
Emniyet Yönetim Politikası	0,939
Kurumsal İmaj	0,983

Tablo 2 incelendiğinde; emniyet yönetim sistemi ölçeğinin bütünsel olarak çok yüksek, alt boyutlar bazında ise idari yönetim sorumluluğu boyutu yüksek, diğer tüm boyutlar ise yine çok yüksek düzeyde güvenilirdir. Bununla beraber, kurumsal imaj ölçeğinin de yine çok yüksek düzeyde güvenilir olduğu görülmektedir. Güvenilirliğin yanı sıra faktör analizler öncesi ölçekler için hesaplanan tanımlayıcı istatistiklerde Tablo 3 ve Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 3. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait tanımlayıcı istatistikler

Emniyet Yönetim Sistemi	\bar{X}	S.S.	Çarpıklık	Basıklık
1 DE1	4,49	,806	-1,814	2,918
2 DE2	4,33	,849	-1,248	,946
3 DE3	4,24	,701	-,804	,911
4 DE4	3,98	,803	-,956	1,166
5 DE5	4,24	,747	-1,099	1,851
6 DE6	4,10	,866	-1,110	1,228
7 ETE7	4,12	,835	-1,180	1,688
8 ETE8	4,11	,874	-1,533	2,957
9 ETE9	4,06	,818	-1,123	1,309
10 ETE10	3,98	,915	-1,249	1,675
11 İYS11	3,22	1,051	-,432	-,599
12 İYS12	3,47	,916	-,681	,223
13 İYS13	3,45	,868	-,529	,271
14 İYS14	4,06	,792	-1,093	1,430
15 ADHMP15	4,10	,843	-1,154	1,544
16 ADHMP16	4,09	,857	-1,285	2,114
17 ADHMP18	4,07	,844	-1,230	1,750
18 EYP18	4,07	,780	-,933	1,285
19 EYP19	4,08	,872	-1,225	1,658
20 EYP20	4,01	,872	-1,056	,769

Tablo 4. Kurumsal imaj ölçeğine ait tanımlayıcı istatistikler

Kurumsal İmaj	\bar{X}	S.S.	Çarpıklık	Basıklık
1 Kİ1	4,09	,848	-1,159	1,187
2 Kİ2	3,98	,962	-1,304	1,803
3 Kİ3	4,03	,871	-1,035	,871
4 Kİ4	4,09	,838	-1,330	2,445
5 Kİ5	4,05	,841	-1,286	2,264
6 Kİ6	4,06	,800	-,995	1,289
7 Kİ7	4,11	,764	-1,237	2,637
8 Kİ8	4,05	,872	-1,193	1,415
9 Kİ9	4,07	,817	-1,114	1,486

Farklı yaklaşımlar olmakla birlikte, çarpıklık ve basıklık değerlerinin $\pm 1,96$ değerleri arasında olması, dağılımın normal olarak kabul edilebilirliğine işaretler [27]. Tablo 3 ve Tablo 4’te yer alan tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj ölçeğine ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin normallik varsayımını büyük oranda karşıladığı görülmektedir. Faktör analizleri sonrasında yeni yapıya ilişkin normallik durumu detaylı bir şekilde tekrar ele alınacaktır. Bununla beraber soru bazında ortalama ve standart sapma katsayıları da yine tablolarda görülmektedir.

5.2. Keşfedici Faktör Analizleri

İlk olarak, Chen ve Chen (2012) tarafından geliştirilen ve araştırmacı tarafından Türkçeye uyarlanan emniyet yönetim sistemi ölçeğinin ulusal bağlamda faktör yapısını tespit etmek amacıyla keşfedici faktör analizi yapılmıştır.

Keşfedici faktör analizinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için bazı ön koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Bu kapsamda ilk olarak, emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait tanımlayıcı istatistikler incelenmiş ve çarpıklık ile basıklık değerlerinin normallik varsayımını büyük oranda karşıladığı görülmüştür. Araştırma için toplanan 286 adet veri, örneklem hacminin yeterli düzeyde olduğunu göstermiştir. Devamında, korelasyon ve anti-image matrisleri incelenmiş ve matriste yer alan katsayıların yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, verilerin faktör analizi yapmak için yeterli düzeyde olup olmadığının ölçütü olan KMO değerinin (0,95) 0,60’dan büyük ve anlamlı korelasyonların varlığını gösteren Barlett’s Küresellik testine ait p değerinin (0,000) 0,05’ten küçük olduğu tespit edilmiştir.

Emniyet yönetim sistemi ölçeğinin faktör yapısını belirlemek amacıyla Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) Yöntemi uygulanmıştır. Analiz neticesinde, orijinalde dokümantasyon ve emirler, emniyet tanıtımı ve eğitimi, idari yönetim sorumluluğu, acil duruma hazırlık ve müdahale planı ve emniyet yönetim politikası olmak üzere 5 boyut ve 20 sorudan oluşan emniyet yönetim sistemi ölçeğinin havacılık sektöründeki örneklem üzerinde toplam varyansın %74,46’sını açıklayan 2 boyut ve 20 sorudan oluştuğu görülmüştür. Faktörlerin birbirleriyle ilişkili olması nedeniyle

eğik faktör döndürme yöntemlerinden “Direct Oblimin” tekniği uygulanmıştır. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait keşfedici faktör analizi sonuçları Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 5. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ilişkin keşfedici faktör analizi sonuçları

İfadeler	Eğitim ve Yönetim Politikaları	İdari Yönetim Sorumluluğu
EYS19	,942	
EYS7	,933	
EYS16	,932	
EYS20	,927	
EYS9	,924	
EYS15	,923	
EYS17	,918	
EYS8	,910	
EYS6	,901	
EYS10	,878	
EYS18	,855	
EYS4	,821	
EYS14	,802	
EYS5	,793	
EYS2	,771	
EYS3	,758	
EYS1	,634	
EYS12		,862
EYS11		,859
EYS13		,733
Özdeğer	12,978	1,914
Açıklanan Varyans (%)	64,89	9,57
Toplam Açıklanan Varyans (%)	74,46	
Cronbach Alfa	0,980	0,858
χ^2 : 7437,26	df : 190	
KMO : 0,95	Bartlett’s p : 0,000	

Faktör döndürme tekniği sonrası orjinalde 5 boyutlu olan emniyet yönetim sistemi ölçeği 2 boyuta ayrılmıştır. Bu kapsamda 11, 12 ve 13’üncü ifadeler orjinalde de yine idari yönetim sorumluluğu faktörü altında toplandığından bu boyuta yeni isimlendirme yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Geriye kalan diğer tüm ifadeler ise eğitim ve yönetim politikalarını çağrıştırdığından bu boyut, eğitim ve yönetim politikaları şeklinde isimlendirilmiştir.

Buna göre toplam varyansın %64,89’unu açıklayarak 17 maddeden oluşan eğitim ve yönetim politikaları şeklinde isimlendirilen birinci boyut 0,980 alfa değeriyle çok yüksek düzeyde güvenilirdir. Toplam varyansın %9,57’sini açıklayarak 3 maddeden oluşan idari yönetim sorumluluğu şeklinde isimlendirilen ikinci boyut 0,858 alfa değeriyle yüksek düzeyde güvenilirdir.

İkinci olarak, Soiden vd. (2006) tarafından geliştirilen ve araştırmacı tarafından Türkçeye uyarlanan kurumsal imaj ölçeğinin ulusal bağlamda faktör yapısını tespit etmek amacıyla keşfedici faktör analizi yapılmıştır.

Keşfedici faktör analizinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için bazı ön koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Bu kapsamda ilk olarak, kurumsal imaj ölçeğine ait tanımlayıcı istatistikler incelenmiş ve çarpıklık ile basıklık değerlerinin normallik varsayımını büyük oranda karşıladığı görülmüştür. Araştırma için toplanan 286 adet veri, örneklem hacminin yeterli düzeyde olduğunu göstermiştir. Devamında, korelasyon ve anti-image matrisleri incelenmiş ve matriste yer alan katsayıların yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, verilerin faktör analizi yapmak için yeterli düzeyde olup olmadığının ölçütü olan KMO değerinin (0,94) 0,60’dan büyük ve anlamlı korelasyonların varlığını gösteren Barlett’s Küresellik testine ait p değerinin (0,000) 0,05’ten küçük olduğu tespit edilmiştir.

Kurumsal imaj ölçeğinin faktör yapısını belirlemek amacıyla Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) Yöntemi uygulanmıştır. Analiz neticesinde, orjinalde tek boyut ve 9 sorudan oluşan kurumsal imaj ölçeğinin havacılık sektöründeki örneklem üzerinde toplam varyansın %86,62’sini açıklayan yine tek boyut ve 9 sorudan oluştuğu görülmüştür. Oluşan yeni faktör yapısı tek boyutlu olduğundan faktör döndürme işlemi uygulanmamıştır. Kurumsal imaj ölçeğine ait keşfedici faktör analizi sonuçları Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Kurumsal imaj ölçeğine ilişkin keşfedici faktör analizi sonuçları

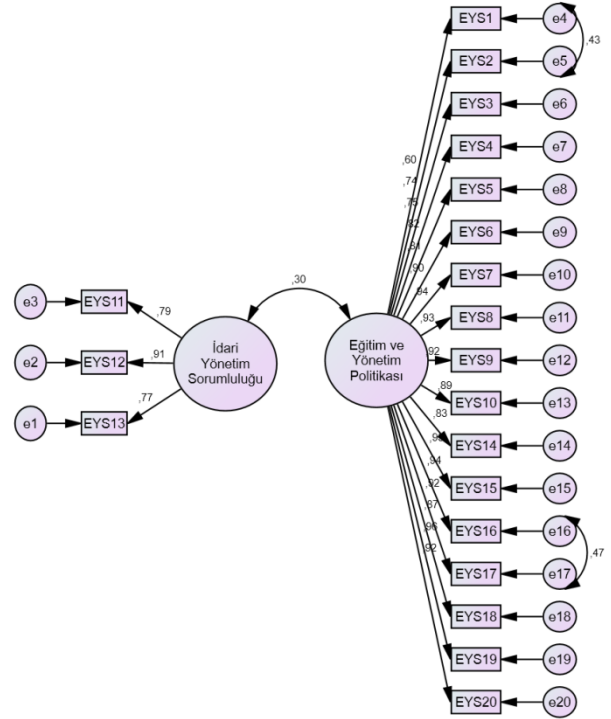
İfadeler	Kurumsal İmaj
Kİ9	,964
Kİ3	,953
Kİ1	,953
Kİ8	,939
Kİ7	,936
Kİ2	,927
Kİ5	,913
Kİ4	,895
Kİ6	,893
Özdeğer	7,796
Açıklanan Varyans (%)	86,62
Toplam Açıklanan Varyans (%)	86,62
Cronbach Alfa	0,983
x²: 4478,30	df: 36
KMO: 0,94	Bartlett's p: 0,000

Keşfedici faktör analizi neticesinde orijinalde tek boyutlu olan kurumsal imaj ölçeği yine tek boyuta ayrılmıştır. Buna göre 9 maddeden oluşan ve tek boyuta ayrılan bu yapı 0,983 alfa değeriyle çok yüksek düzeyde güvenilirdir.

5.3. Doğrulayıcı Faktör Analizleri

Açımlayıcı faktör analizi neticesinde 2 boyuta ayrılan emniyet yönetim sistemi ölçeğinin geçerliliğini test etmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Analiz neticesinde uyum iyiliği değerleri göz önüne alınarak gerekli işlemler yapılmıştır. Bu kapsamda emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait uyum iyiliği değerleri incelenmiş ve 2 boyuttan oluşan modelimizin veri ile daha iyi uyum sağlayabilmesini gerçekleştirmek amacıyla bir takım modifikasyonlar yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak korelasyon katsayısı bakımından birbiriyle yakın anlamlı, diğer bir ifade ile hataları benzer olan emniyet yönetim sistemi ölçeğindeki 4 ve 5'nci ifadeler ilişkilendirilmiştir. Yapılan bu ilişkilendirme yeterli olmamış, ikinci olarak 16 ve 17'nci ifadeler de ilişkilendirilmiştir. Son ilişkilendirmeye birlikte eşik sınırlar içerisinde yer alan yeni uyum iyiliği değerleri, bu modelin veri ile

uyumunu doğrulamış ve ölçeğin geçerliliği kabul edilmiştir. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait doğrulayıcı faktör analizi diyagramı ile model uyum iyiliği değerleri Şekil 3 ve Tablo 7'de yer almaktadır.



Şekil 3. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ilişkin doğrulayıcı faktör analizi diyagramı

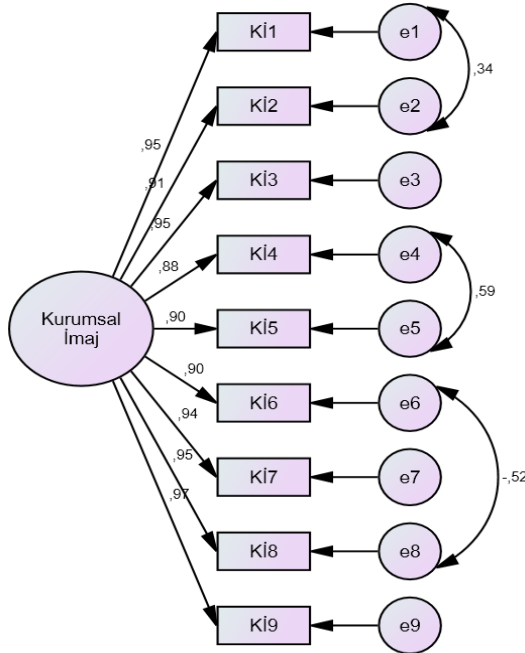
Tablo 7. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ilişkin uyum iyiliği değerleri

İndeksler	Değerler
Ki-Kare (x ²)	486,638
df	167
x ² /df	2,914
P	0,000
CFI	0,912
GFI	0,971
AGFI	0,912
RMSEA	0,057
Cronbach Alfa	0,965

Verilerin model ile uyumunu test etmek için literatürde kabul görmüş bazı istatistikler mevcuttur. Bunlar; x²/df, CFI, GFI, AGFI ile RMSEA değerleridir. Bu kapsamda; x²/df değerinin 3'ten küçük, CFI, GFI ve AGFI değerlerinin 0,90'dan büyük ve son olarak RMSEA değerinin 0,08'den küçük olması kabul edilebilir uyum iyiliği değerlerinin göstergesidir [27]. x²/df (2,914<3), CFI (0,912>0,90), GFI (0,971>0,90), AGFI

(0,912>0,90), RMSEA (0,057<0,08) değerleri emniyet yönetim sistemi ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirliğinin sağlandığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre 2 boyut ve 20 sorudan oluşan emniyet yönetim sistemi ölçeğinin hipotez testlerinde kullanılmasına karar verilmiştir.

Açımlayıcı faktör analizi neticesinde tek boyuta ayrılan kurumsal imaj ölçeğinin geçerliliğini test etmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Analiz neticesinde uyum iyiliği değerleri göz önüne alınarak gerekli işlemler yapılmıştır. Bu kapsamda kurumsal imaj ölçeğine ait uyum iyiliği değerleri incelenmiş ve tek boyuttan oluşan modelimizin veri ile daha iyi uyum sağlayabilmesini gerçekleştirmek amacıyla bir takım modifikasyonlar yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak korelasyon katsayısı bakımından birbirleriyle yakın anlamlı, diğer bir ifade ile hataları benzer olan kurumsal imaj ölçeğindeki 1-2, 4-5 ve 6-8'nci ifadeler ilişkilendirilmiştir. Yapılan ilişkilendirmeye birlikte eşik sınırlar içerisinde yer alan yeni uyum iyiliği değerleri, bu modelin veri ile uyumunu doğrulamış ve ölçeğin geçerliliği kabul edilmiştir. Kurumsal imaj ölçeğine ait doğrulayıcı faktör analizi diyagramı ile model uyum iyiliği değerleri Şekil 4 ve Tablo 8'de yer almaktadır.



Şekil 4. Kurumsal imaj ölçeğine ilişkin doğrulayıcı faktör analizi diyagramı

Tablo 8. Kurumsal imaj ölçeğine ilişkin uyum iyiliği değerleri

İndeksler	Değerler
Ki-Kare (χ^2)	71,136
df	24
χ^2/df	2,964
P	0,000
CFI	0,952
GFI	0,934
AGFI	0,923
RMSEA	0,067
Cronbach Alfa	0,983

χ^2/df (2,964<3), CFI (0,952>0,90), GFI (0,934>0,90), AGFI (0,923>0,90), RMSEA (0,067<0,08) değerleri kurumsal imaj ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirliğinin sağlandığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre tek boyut ve 9 sorudan oluşan kurumsal imaj ölçeğinin hipotez testlerinde kullanılmasına karar verilmiştir.

5.4. Faktör Analizleri Sonrası Oluşan Yeni Faktör Yapılarına İlişkin Normallik Analizleri

Parametrik veya non-parametrik analizlerden hangilerinin yapılacağına ilişkin bir değerlendirme yapabilmek için faktör analizleri sonrası oluşan yeni yapılara ilişkin bütünsel bazda normallik varsayımları incelenmiştir. Bu kapsamda normalliği test etmek için çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiştir. Ölçeklere ilişkin çarpıklık ve basıklık değerleri Tablo 9'da yer almaktadır.

Tablo 9. Ölçeklere ilişkin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Değişkenler	Çarpıklık	Basıklık
Emniyet Yönetim Sistemi	-1,165	1,664
Eğitim ve Yönetim Politikası	-1,146	1,433
İdari Yönetim Sorumluluğu	-,509	,427
Kurumsal İmaj	-,984	1,245

Tablo 9'daki istatistikler incelendiğinde, emniyet yönetim sistemi ve alt boyutları ile kurumsal imaj ölçeğine ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin normallik varsayımını karşıladığı görülmektedir. Buna göre araştırma hipotezlerinin test edilmesinde "Parametrik Analiz Teknikleri" kullanılacaktır.

5.5. Demografik Bulgular

Araştırmada seçilen örneklem grubumuza ait demografik dağılımlar Tablo 10'da yer almaktadır.

Tablo 10. Örnekleme ilişkin demografik bulgular

YAŞ		
Grup	N	%
18-25	102	35,7
26-35	143	50,0
36-45	38	13,3
46 Üzeri	3	1,0
Toplam	286	100

CİNSİYET		
Grup	N	%
Kadın	38	13,3
Erkek	248	86,7
Toplam	286	100

MEDENİ DURUM		
Grup	N	%
Evli	80	28,0
Bekar	206	72,0
Toplam	286	100

EĞİTİM DURUMU		
Grup	N	%
Lise	4	1,4
MYO	29	10,1
Lisans	218	76,2
Lis.Üstü	35	12,2
Toplam	286	100

AYLIK GELİR		
Grup	N	%
2500 TL ve Altı	119	41,6
2501-5000 TL	110	38,5
5001-8000 TL	54	18,9
8001 TL ve Üzeri	3	1,0
Toplam	286	100

Tablo 10 incelendiğinde;

Katılımcıların %35,7'si (102 kişi) 18-25, %50'si (143 kişi) 26-35, %13,3'ü (38 kişi) 36-45 ve %1,0'ı (3 kişi) 46 ve üzeri yaş aralığındadır.

Katılımcıların %13,3'ü (38 kişi) kadın ve %86,7'si (248 kişi) ise erkektir.

Katılımcıların %28,0'ı (80 kişi) evli ve %72,0'ı (206 kişi) ise bektardır.

Katılımcıların %1,4'ü (4 kişi) lise, %10,1'i (29 kişi) meslek yüksekokulu, %76,2'si (218 kişi) lisans ve %12,2'si (35 kişi) ise lisansüstü eğitim düzeyine sahiptir.

Katılımcıların %41,6'sı (119 kişi) 2500 TL ve altı, %38,5'i (110 kişi) 2501-5000 TL, %18,9'u (54 kişi) 5001-8000 TL ve %1,0'ı (3 kişi) ise 8001 TL ve üzeri gelire sahiptir.

5.6. Korelasyon Analizi

Emniyet yönetim sistemi ve alt boyutları ile kurumsal imaj arasındaki ilişkileri test etmek için yapılan Pearson Korelasyon analizi sonuçları Tablo 11'de yer almaktadır.

Tablo 11. Pearson korelasyon analizi sonuçları

Değişken	\bar{X}	S.S	EYS	EYP	İYS
Emniyet Yönetim Sistemi	4,0	,65			
Eğitim ve Yönetim Politikası	4,1	,72	,983		
İdari Yönetim Sorumluluğu	3,3	,83	,417	,241	
Kurumsal İmaj	4,0	,79	,927	,936	,261

**p<0,001

Tablo 11 incelendiğinde;

Emniyet yönetim sistemi ile kurumsal imaj arasında pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki vardır. (r=0,927**, p<0,01). Buna göre araştırmanın "H₁: Emniyet yönetim sistemi uygulamaları ile kurumsal imaj arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır" isimli hipotezi kabul edilmiştir.

Eğitim ve yönetim politikası boyutu ile kurumsal imaj arasında pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki vardır. (r=0,936**, p<0,01).

İdari yönetim sorumluluğu boyutu ile kurumsal imaj arasında pozitif ve düşük düzeyde bir ilişki vardır. (r=0,261**, p<0,01).

5.7. Regresyon Analizleri

Emniyet yönetim sistemi ve alt boyutlarının kurumsal imaj üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 12. Regresyon analiz sonuçları

B.sız Değ.	B.lı Değ.	F	Sig.	R ²	B	t	p
EYS		1725,16	,000	,859	1,12	41,53	,000
EYP	Kİ	2011,26	,000	,876	1,02	44,84	,000
İYS		20,82	,000	,068	0,24	4,56	,000

Tablo 12 incelendiğinde;

Emniyet yönetim sisteminin kurumsal imajı ne şekilde etkilediğini tespit etmek amacıyla yapılan basit doğrusal regresyon analizi neticesinde; anova testi ile anlamlı olan bu modelde (F=1725,161, sig.=0,000<0,05), emniyet yönetim sisteminin kurumsal imajın anlamlı bir yordayıcısı olduğu görülmüştür (t=41,535, p=0,000<0,05). Emniyet yönetim sistemi, kurumsal imaj üzerindeki değişimin %85,9’unu açıklamaktadır. Buna göre araştırmanın “**H₂**: Emniyet yönetim sistemi uygulamalarının kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır” isimli hipotezi **kabul** edilmiştir.

Emniyet yönetim sisteminin eğitim ve yönetim politikası boyutunun kurumsal imajı ne şekilde etkilediğini tespit etmek amacıyla yapılan basit doğrusal regresyon analizi neticesinde; anova testi ile anlamlı olan bu modelde (F=2011,265, sig.=0,000<0,05), emniyet yönetim sisteminin eğitim ve yönetim politikası boyutunun kurumsal imajın anlamlı bir yordayıcısı olduğu görülmüştür (t=44,847, p=0,000<0,05). Emniyet yönetim sisteminin eğitim ve yönetim politikası boyutu, kurumsal imaj üzerindeki değişimin %87,6’sını açıklamaktadır. Buna göre araştırmanın “**H_{2a}**: Emniyet yönetim sisteminin eğitim ve yönetim politikası boyutunun kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır” isimli hipotezi **kabul** edilmiştir.

Emniyet yönetim sisteminin idari yönetim sorumluluğu boyutunun kurumsal imajı ne şekilde etkilediğini tespit etmek amacıyla yapılan basit doğrusal regresyon analizi neticesinde; anova testi ile anlamlı olan bu modelde (F=20,828,

sig.=0,000<0,05), emniyet yönetim sisteminin idari yönetim sorumluluğu boyutunun kurumsal imajın anlamlı bir yordayıcısı olduğu görülmüştür (t=4,564, p=0,000<0,05). Emniyet yönetim sisteminin idari yönetim sorumluluğu boyutu, kurumsal imaj üzerindeki değişimin %6,8’ini açıklamaktadır. Buna göre araştırmanın “**H_{2b}**: Emniyet yönetim sisteminin idari yönetim sorumluluğu boyutunun kurumsal imaj üzerinde pozitif bir etkisi vardır” isimli hipotezi **kabul** edilmiştir.

6. Sonuç ve Tartışma

Bu araştırma İstanbul, Ankara, Samsun ve Adana illerindeki uçuş eğitim organizasyonlarında eğitim alan pilotaj öğrencileri ile ilgili görüşlerin yer aldığı 286 kişilik örneklem grubunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, emniyet yönetim sistemi uygulamalarının kurumsal imajı nasıl etkilediği ve aralarında ne tür bir ilişki olduğu sorularına yanıt aranmıştır.

İki temel ve iki alt hipotezin test edildiği bu çalışmada ilk olarak, ölçeklerle ilgili faktör analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle, emniyet yönetim sistemi ölçeğinin faktör yapısını belirlemek amacıyla keşfedici faktör analizi yapılmıştır. Analiz neticesinde, 5 boyut ve 20 sorudan oluşan emniyet yönetim sistemi ölçeğinin havacılık sektöründeki örneklem üzerinde toplam varyansın %74,46’sını açıklayan 2 boyut ve 20 sorudan oluştuğu görülmüştür. Oluşan yeni faktörler; eğitim ve yönetim politikası ile idari yönetim sorumluluğu şeklinde isimlendirilmiştir.

Daha sonra, kurumsal imaj ölçeğinin faktör yapısını belirlemek için keşfedici faktör analizi yapılmıştır. Analiz neticesinde, orjinalde tek boyut ve 9 sorudan oluşan kurumsal imaj ölçeğinin havacılık sektöründeki örneklem üzerinde toplam varyansın %86,62’sini açıklayan yine tek boyut ve 9 sorudan oluştuğu görülmüştür. Bu sonuç, havacılık sektöründeki uçuş okullarında eğitim alan pilotaj öğrencilerinin kurumsal imajı bir bütün olarak değerlendirdiklerini göstermektedir.

Keşfedici faktör analizi sonrasında emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj ölçekleri için doğrulayıcı faktör ve güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Veri model uyumunu sağlamak için yapılan modifikasyonlar neticesinde teorik olarak oluşturulan modelin veri ile uyumu sağlanarak

ölçeklerin geçerlilikleri ve güvenilirlikleri kanıtlanmıştır.

Faktör analizlerinden sonra ilk olarak, verilerin dağılımları incelenmiş ve tüm değişkenlere ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin normallik varsayımını karşıladığı görülmüştür. Buna göre, araştırma hipotezlerinin test edilmesi için parametrik analiz tekniklerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Araştırma kapsamında seçilen örneklem grubuna ait demografik dağılımların tespiti için frekans analizleri yapılmıştır. Buna göre, katılımcıların %86,7'sinin erkek ve genç yaş grubunda olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, pilotluk mesleğine erkeklerin daha çok ilgi duyduklarını göstermektedir. Ayrıca uzun ve yorucu bir kariyer olması, pilotluk mesleğine olan ilginin genç yaş grubu bakımından daha fazla ön plana çıktığını göstermektedir.

Katılımcıların emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj algı düzeylerini tespit etmek amacıyla tanımlayıcı analizler yapılmıştır. Analiz neticesinde emniyet yönetim sistemi ölçeğinin bütünsel bazda ortalama değerinin 4,01 ve standart sapma değerinin 0,657, kurumsal imaj ölçeğinin bütünsel bazda ortalama değerinin 4,06 ve standart sapma değerinin ise 0,795 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, havacılık sektöründeki uçuş okullarında eğitim alan pilotaj öğrencilerinin emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj algılarının olumlu yönde olduğunu göstermektedir.

Emniyet yönetim sistemi ve kurumsal imaj arasındaki ilişkileri test etmek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz neticesinde; emniyet yönetim sistemi ile kurumsal imaj arasında istatistiksel olarak pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Emniyet yönetim sistemi ölçeğinin alt boyutlarından eğitim ve yönetim politikası boyutu ile kurumsal imaj arasında pozitif ve yüksek, idari yönetim sorumluluğu boyutu ile kurumsal imaj arasında ise pozitif ve düşük düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Buna göre H_1 hipotezi doğrulanmıştır.

Araştırmaya ait H_2 , H_{2a} ve H_{2b} hipotezlerini test etmek için basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Bu kapsamda, emniyet yönetim sisteminin kurumsal imaj üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan basit doğrusal regresyon analizi neticesinde; emniyet yönetim sisteminin kurumsal imajın anlamlı bir

yordayıcısı olduğu görülmüştür. Emniyet yönetim sistemi ölçeğine ait alt boyutların kurumsal imaj üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan basit doğrusal regresyon analizi neticesinde, eğitim ve yönetim politikası ile idari yönetim sorumluluğu boyutlarının da kurumsal imajın anlamlı bir yordayıcısı oldukları görülmüştür. Bu sonuç, Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) ile ilgili kurallara uyan ve bunların uygulanması noktasında çaba gösteren işletmelerin sektör içerisinde olumlu bir imaja sahip olduğunu göstermektedir. Zira havacılık sektöründe emniyet faktörü, hayati öneme sahip konuların başında gelmektedir. Dolayısıyla yapılacak en ufak bir hatanın telafisi olmayan sonuçlar doğurması, havacılık işletmelerinin bu kurallara uyma zorunluluğunu gerekli kılmıştır.

Havacılık sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin kamuoyu nezdinde pozitif bir imaja sahip olmaları, rekabet avantajı sağlamalarını kolaylaştırmaktadır. İşletmeler müşteri potansiyelini çekmek için daima bir yarış içerisinde dirler. Yapılacak en küçük bir hata, geri dönüşmez sonuçlara yol açacağından müşteriler, pilot olmak için tercih ettikleri kurumların güvenilir olmasına dikkat etmek zorundadırlar. Bununla birlikte uçuş okullarının sundukları hizmetlerin kalitesi, fikirlere açık ve yenilikçi olmaları da kurumsal imajı olumlu yönde etkiler.

Araştırma neticesinde YYS ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların son derece sınırlı olduğu ve pilotaj kariyeri düşüncesindeki kişilerin bu sistemi tam olarak tanımadıkları görülmektedir. Bu bağlamda havacılık alanındaki en kritik unsurlardan biri olan YYS'nin tanıtımına yönelik tedbirlerin uçuş eğitim organizasyonu yöneticileri tarafından alınması önem arz etmektedir.

YYS ile kurum imajı ilişkisine yönelik kurulan modelin geliştirilmesi ve daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilmesi konuya ilişkin yapılacak olan farklı bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

7. Öneriler

Araştırma kapsamında dikkate alınması gereken öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Kurumların emniyet yönetim sisteminin gerekliliklerini eksiksiz yerine getirmeleri kurumun imajı açısından son derece önemlidir.

- Emniyetin sağlanması, pilotaj eğitimi veren tüm havacılık işletmeleri için temel öncelik olmalıdır. Aksi takdirde işletmenin sektördeki faaliyetlerinin son bulması kaçınılmaz olacaktır.
- Havacılık kurallarının tam ve güvenli bir biçimde işletilmesi amacını benimseyen uçuş eğitim organizasyonlarının, emniyet yönetim sistemini eksiksiz ve sivil havacılık otoriteleri tarafından yayınlanmış olan standartlara bağlı kalarak tesis etmeleri gerekmektedir.
- Sistemin kurulmasının yanı sıra havacılık alanında gerçekleşen baş döndürücü değişimlere uyum sağlayabilmek için gerek zamanlı, gerekse de zamansız periyotlar dahilinde denetlenmesi ve sürekli olarak yapılacak revizyonlarla güncel tutulması gerekmektedir.
- Yapılacak olan güncellemelerde ulusal ve uluslararası havacılık yönergeleri ile öznel ihtiyaçlar arasındaki eşgüdüm dikkate alınmalıdır.
- Uçuş ve yer emniyetiyle ilgili tutulacak istatistikler, sistemin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi ve gerekli değişikliklerin zamanında uygulanması için fayda sağlayacaktır.
- Emniyet faktörünün çok yönlü özellikleri göz önüne alındığında öngörülen ve öngörülemeyen tüm risklerin başlamadan ortadan kaldırılması, organizasyonların tüm birimlerinin katılımıyla yürütülen bir emniyet yönetim sistemiyle mümkün olacaktır.
- Kurumsal imajı tesis edebilmenin en kritik ayağı proaktif bir yaklaşımla önleyici çözümlere odaklanmaktır. Bu yaklaşım ise havacılık sektöründe net bir şekilde kendini göstermektedir.
- Havacılık sektöründe kazanç sağlamak uzun dönemli ve kalıcı politikalarla mümkün iken en ufak bir aksaklık tüm çabaların bir anda yerle bir olmasına neden olabilecektir.
- Bu kapsamda emniyet yönetim sistemiyle kurumsal imaj arasındaki ilişkinin göz ardı edilemeyecek düzeyde olduğu görülmekte ve bu alanda yapılacak bilimsel çalışmaların sektöre pozitif yönde katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.
- Unutulmamalıdır ki sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayabilmek kurum imajını güçlü

kılmakla mümkündür. Söz konusu havacılık olduğunda ise farklı değişkenleri optimum düzeyde dengede tutabilmenin anahtarı, değişime uyumlu birlikte sağlanacak olan emniyet faktörüdür.

8. Simgeler

α : Cronbach alfa katsayısı

df: Serbestlik derecesi

N: Frekans

s.s: Standart sapma

\bar{X} : Ortalama

χ^2 : Ki Kare

%: Yüzde

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] Ulaşan ve Erişen Türkiye, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Yayınları, 2014.
- [2] Y. Saldıraner, "Dünyada ve Türkiye'de Sivil Havacılığın Gelişimi." <https://docplayer.biz.tr/5859389-Dunya-da-ve-turkiye-de-sivil-havacilik-faaliyetleri.html>. [Erişim Tarihi: 01-Mayıs-2020].
- [3] Devlet Denetleme Kurulu, "Araştırma ve İnceleme Raporu," 2011.
- [4] B. Evans, A. I. Glendon, and P. A. Creed, "Development and initial validation of an aviation safety climate scale," *Journal of Safety Research*, 38(6), 675-682, 2007.
- [5] A. M. Gibbons, T. L. von Thaden, and D. A. Wiegmann, "Development and initial validation of a survey for assessing safety culture within commercial flight operations," *The International Journal of Aviation Psychology*, 16(2), 215-238, 2009.
- [6] L. H. Kao, M. Stewart, and K. H. Lee, "Using structural equation modeling to predict cabin safety outcomes among Taiwanese airlines," *Transportation Research Part E*, 45(2009), 357-365, 2009.
- [7] R. I. Díaz and D. D. Cabrera, "Safety climate and attitude as evaluation measures of organizational safety," *Accid. Anal. and Prev.*, 29(5), 643-650, 1997.
- [8] Å. Ek and R. Akselsson, "Aviation on the ground: safety culture in a ground handling

- company," *The International Journal of Aviation Psychology*, 17(1), 59-76, 2007.
- [9] SHGM, *Emniyet Yönetim Sistemi Temel Esaslar*. Ankara, Türkiye: Pegem Akademi Yayıncılık, 2012.
- [10] C. F. Chen and S. C. Chen, "Measuring the effects of Safety Management System practices, morality leadership and self-efficacy on pilots' safety behaviors: Safety motivation as a mediator," *Safety Science*, 62, 376-385, 2014.
- [11] N. McDonald, S. Corrigan, C. Daly, and S. Cromie, "Safety Management Systems and safety culture in aircraft maintenance organisations," *Safety Science*, 34, 151-176, 2000.
- [12] J. Reason, "Approaches to controlling maintenance error," *Proc. 11th FAA/AAM Meet. Hum. Factors Aviat. Maint. Insp.*, 9-17, 1997.
- [13] ICAO, *Safety Management Manual (SMM)*. Quebec, Canada: Published by International Civil Aviation Organization, 2009.
- [14] Boeing, *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*. Washington, USA: Published by Airplane Safety Boeing Commercial Airplanes, 2001.
- [15] T. Kelly and M. S. Patankar, "Comparison of organizational safety cultures at two aviation organizations," *Safety Across High-Consequence Industries Conference*, St. Louis, Missouri. March 9 & 10, 2004.
- [16] V. M. Desai, K. H. Roberts, and A. P. Ciavarelli, "The relationship between safety climate and recent accidents: Behavioral learning and cognitive attributions," *Human Factors*, 48(4), 639-650, 2006.
- [17] SHGM, "Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı (SHT-HES)," 2014.
- [18] ICAO, "Accident Prevention Programme," 2005.
- [19] SHGM, "Havaalanlarında Emniyet Yönetim Sisteminin Uygulanmasına İlişkin Talimat," SHT-SMS/HAD, 2012.
- [20] G. E. Harris, "Sidney Levy: Challenging the philosophical assumptions of marketing," *Journal of Macromarketing*, 27(1), 7-14, 2007.
- [21] F. R. da Costa and A. S. Pelissari, "Corporate image: influencing factors from the viewpoint of students of distance learning courses," *Vitoria*, 14(1), 108-130, 2017.
- [22] A. A. Adeniji, O. A. Osibanjo, J. Abiodun, and E. E. Oni-Ojo, "Corporate image: A strategy for enhancing customer loyalty and profitability," *Journal of South African Business Research*, 1(1), 2015, 1-12, 2015.
- [23] N. Y. A. Osei and A. N. A. Katsner, "Corporate image of the Ghanaian banking industry: do the perceptions of employees differ from customers?," *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 3(2), 1-23, 2014.
- [24] V. Kuranovic, "Research analysis of China's corporate identity, image and reputation," *Business Studies Journal*, 9(1), 1-8, 2018.
- [25] T. C. Okoisama, E. C. Best, and S. A. Anyanwu, "Corporate image management and firm's competitive advantage: A study of the telecommunication industry in Port Harcourt," *International Journal of Advanced Academic Research Social & Management Sciences*, 3(6), 16-31, 2017.
- [26] I. Khvtisiashvili, "How does corporate image affect the competitive advantage of Georgian banking segment," *Journal of Business*, 1(1), 35-44, 2012.
- [27] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis*. England: Pearson Education Limited, 2014.
- [28] C. F. Chen and S. C. Chen, "Scale development of Safety Management System evaluation for the airline industry," *Accident Analysis and Prevention*, 47, 177-181, 2012.
- [29] N. Souiden, N. M. Kassim, and H. J. Hong, "The effect of corporate branding dimensions on consumers' product evaluation: A cross-cultural analysis," *European Journal of Marketing*, 40(7/8), 825-845, 2006.
- [30] A. Can, *SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi*. Ankara, Türkiye: Pegem Akademi, 2014.

Ek-Anket Formu

Emniyet Yönetim Sistemi (EYS)		Kurumsal İmaj (Kİ)		
Dokümantasyon ve Emirler (DE)	1	Kurum yöneticileri, EYS'nin etkin olarak uygulanması için emir verirler.	1	Bu kurum, yenilikçidir.
	2	EYS uygulamalarının içeriği ile ilgili bilgi sahibiyim.	2	Bu kurum, sunduğu hizmetlerle rakiplerine öncülük eder.
	3	EYS, kurumsal hafızanın güncel kalmasını sağlar.	3	Bu kurum, hizmet sunma noktasında son derece başarılıdır.
Emniyet Tanıtımı ve Eğitimi (ETE)	4	Bu kurumda, EYS uygulamaları ile ilgili bilgileri paylaşmak için dahili ağ sistemi vardır.	4	Bu kurum, kendine güvenir.
	5	Sade ve bütüncül EYS uygulamaları, uçuş emniyeti için vazgeçilmezdir.	5	Bu kurum, müşterilerini kolayca ikna eder.
	6	Bu kurum, EYS uygulamaları ile ilgili dokümanları sürekli olarak günceller.	6	Bu kurum, hizmet sunma noktasında akıllıca hareket eder.
	7	Bu kurumda, EYS uygulamaları ile ilgili düzenli olarak eğitim verilir.	7	Bu kurum, etik bir şekilde hizmet verir.
	8	Bu kurumda, havacılık emniyet kültürünün oluşması için eğitim faaliyetlerine önem verilir.	8	Bu kurum, müşterilerine karşı açıktır.
	9	Bu kurum düzenli olarak EYS tanıtım faaliyetlerinde bulunmaktadır.	9	Bu kurum, müşterilerine karşı duyarlıdır.
	10	Bu kurum, havacılık emniyet kültürünün oluşması için farklı eğitim programları sunar.		
İdari Yönetim Sorumluluğu (İYS)	11	Kurum yönetimi, EYS ile ilgili faaliyetlere katılmaktadır.		
	12	Kurum yönetimi, havacılık emniyet kültürünün sağlanması noktasında inisiyatif alır.		
	13	Kurum yönetimi, EYS'nin uygulanması noktasında şirket finansmanından bağımsız hareket eder.		
	14	Kurum yönetimi, prosedürel sorumlulukları çalışanlara bildirir.		
Acil Duruma Hazırlık ve Müdahale Planı (ADHMP)	15	Bu kurumda, acil durum ve müdahale planı ile ilgili her birey bilgi sahibidir.		
	16	Bu kurumda, acil durum ve müdahale planlarına yönelik periyodik olarak uygulama eğitimleri verilir.		
	17	Bu kurumda, acil durum ve müdahale ile ilgili periyodik olarak tatbikatlar yapılır.		
Emniyet Yönetim Politikası (EYP)	18	Bu kurum, EYS performansını belirli standartlara göre değerlendirir.		
	19	Bu kurum, EYS performansının geliştirilmesine yönelik tedbirler alır.		
	20	Bu kurumun son derece erişilebilir bir dahili raporlama kanalı mevcuttur.		

Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi

Mehmet Ali EGİNLİ ^{1*}, Yavuz NACAĞLI ²

^{1,2} Milli Savunma Üniversitesi, Hava Asb. MYO Mdürlüğü, Havacılık Bilimleri Bölümü, 35415, İzmir, TÜRKİYE

Özet

Günümüzde yeni teknolojilerle birlikte ortaya çıkan Endüstri 4.0 devrimi dijitalleşmeyi hızlandırmaktadır. Bununla birlikte doğuştan itibaren internet ile büyüyen ve “Z kuşağı” olarak tanımlanan dijital neslin eğitim talepleri de ortaya çıkan yeni fırsatlarla birlikte hızlı bir şekilde dönüşüme uğramaktadır. Z kuşağı, dijital öğeleri metinsel öğelere tercih etmekte, zamandan ve mekândan bağımsız olarak kişisel öğrenme istemektedir. Dijitalleşme ve Z kuşağının öğrenme tercihleri, her alanda olduğu gibi eğitimde de dönüşümü zorunlu hale getirmektedir. Özellikle son dönemlerde ortaya çıkan sanal gerçeklik (SG), artırılmış gerçeklik (AG) ve karma gerçeklik (KG) uygulamaları ile eğitimler daha etkin ve uygun maliyetle verilmektedir. Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan teknolojilerden özellikle AG uygulamalarının eğitimde ve özellikle de uçak bakım sahasındaki uygulamaları incelenmiştir. Son bölümde ise Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tanınmış okul isterleri çerçevesinde uçak bakım eğitiminde AG uygulamalarının kullanılabilirliği değerlendirilmiş ve uçak bakım alanındaki AG uygulama eğitimlerinin standartlarının belirlenerek sertifikasyon çalışmalarının başlatılması konusunda çalıştay yapılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Uçak Bakım Eğitimleri, Endüstri 4.0, Eğitim 4.0

Evaluation of Augmented Reality Use in Aircraft Maintenance Training

Abstract

The Industry 4.0 revolution, which emerges with new technologies today, accelerates digitalization. In addition, the educational demands of the digital generation, which has been growing with the internet since birth and defined as the “Z generation”, are rapidly transforming with new opportunities. Z generation prefers digital items to textual items and wants personal learning independent of time and space. Digitalization and learning preferences of the Z generation make the transformation compulsory in education as in every field. Trainings are given more effectively and affordably with virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR) applications that have emerged recently. In this study, especially the applications of AR applications, which emerged with Industry 4.0 in education and especially in aircraft maintenance field were examined. In the last part, the availability of AR applications in aircraft maintenance education has been evaluated within the framework of Directorate General of Civil Aviation (DGCA) recognized school requirements, and a workshop on the initiation of certification studies has been proposed by determining the standards of AR applications in aircraft maintenance.

Keywords: Augmented Reality, Aircraft Maintenance Training, Industry 4.0, Education 4.0

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Mehmet Ali EGİNLİ, mehmetalieginli76@gmail.com

Citation/Alıntı: Eginli M.A., Nacaklı Y. (2020). Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi J. Aviat. 4 (1), 61-78.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-3762-5202>; ² <https://orcid.org/0000-0002-0997-6769>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.738367>

Gelis/Received: 21 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 21 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 23 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

1. Giriş

İşletmeler, dijital çağda maliyetleri azaltma, verimliliği ve kaliteyi artırma konusunda giderek daha fazla baskı yaşamaktadır. 21. yüzyılda yeni teknolojilerle ortaya çıkan Endüstri 4.0 beraberinde iş modellerinde, üretim paradigmasında ve lojistik operasyonlarda geleneksel sanayi anlayışının değişmesine neden olmuş, sonunda ise dördüncü sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0, işgücü dâhil üretime ilişkin tüm süreçleri tamamen etkilemiş ve organizasyonların, süreçlerin, müşteri-şirket ilişkilerinin, tedarik ve değer zincirlerinin doğrudan belirleyicisi haline gelmiştir [1]. Son zamanlarda ortaya çıkan yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti (IoT), 3D baskı, nanoteknoloji, biyoteknoloji, büyük veri, mobil internet, akıllı sensörler ve kablosuz sensör ağları bir taraftan endüstriyel dijitalleşmeyi kolaylaştırmakta [2], diğer taraftan fiziksel ve dijital olarak daha “uyumlu” çalışabilecek ortam oluşturmaktadır [1].

Endüstriyel dönüşümü ifade eden Endüstri 4.0’ın lokomotif teknolojileri; büyük veri ve analitik, otonom robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, nesnelerin endüstriyel interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, katkı üretimi, AG olarak ifade edilmektedir [3]. Bu teknolojilere sahip olan Endüstri 4.0 uygulamaları, imalat ortamının zekileştirilmesi ve bilişim ağının esnekliği ile üretim maliyetlerini minimize etmesi, seri üretimi hızlandırması, üretimin tüm aşamalarının tüketicilerce görülmesine imkân sağlaması, çalışanlar için özellikle iş sağlığı ve güvenliği bakımından ciddi gelişmeler yaratması gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte üretilen ürünlerin “zeki ürün” olma niteliklerini de artırmaktadır. Böylece kişiselleştirilmiş ürünler, pazarda kendisini göstermekte olup her ürün bir taraftan kişisel kimlik kazanırken diğer taraftan bir gözlemci olarak görev yapabilmektedir [4,5].

Endüstri 4.0’ın istihdam ve meslekler için risk ve olumsuzlukları fazla olacaktır. Özellikle üretimde akıllı makine ve robotlarla birlikte teknoloji yoğun üretimin hız kazanması, emek gücüne olan ihtiyacı azaltarak işsizliğe neden olmaktadır. Ancak yeni işler yaratılarak yeni kapasiteler uygulanarak devletler ve sektörlerin de etkisiyle istihdam için yatırım yapılması ve işgücünün farklı beceriler ile

donatılması ile bu sorunun aşılması mümkün olabilecektir [4,6]. Negatif etkilerin minimize edilmesinin en etkin yollarından birisi de eğitim sistemlerinin etkin bir şekilde planlanması ve yürütülmesidir. Eğitim 4.0 olarak isimlendirilen bu yeni yaklaşım, diğer alanlarda olduğu gibi eğitim alanında da dijital dönüşümün gerçekleştirilmesini içermektedir. Böylece Endüstri 4.0’ın gerektirdiklerini her alanda tasarlayacak, geliştirecek, üretecek ve üretilen teknolojiyi kullanabilecek insan gücünün eğitimi sağlanabilecektir. Eğitim 4.0 yaklaşımı ile dünya problemlerini doğru hissedecek ve tanımlayacak (eleştirel düşünme), çözümü için yenilikçi fikirler üretecek (yaratıcı düşünme), çözüm için doğru yöntem ve teknikleri kullanacak (bilimsel ve analitik düşünme) bireylerin her alanda yetiştirilmesi büyük önem taşımaktadır [5].

Bu çalışmada öncelikle gerçeklik kavramları üzerinde durularak, özellikle AG kullanım alanları incelenmiş, dijitalleşmenin merkezinde bulunan Z kuşağının eğitimlerde ve özellikle uçak bakım eğitimlerinde AG uygulamalarının kullanılması değerlendirilmiştir. Son bölümde ise SHGM tanınmış okul isterlerinin SHY 147 kriterlerine göre sertifikasyonunun sağlanması kapsamında yapılacak çalışmalar için öneride bulunulmuştur.

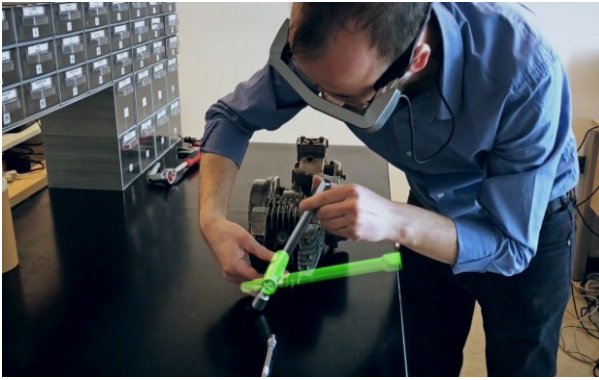
2. Gerçeklik Kavramları

Sanal Gerçeklik (SG), bilgisayar desteği ile bazı yazılım ve donanımlarla sanal ortamda üç boyutlu deneyim yaşanmasını sağlayan uygulamalar olarak ifade edilmektedir. Bu teknoloji eğitimden sağlığa, mimariden inşaat alanına, satış pazarlama ve organizasyondan eğlenceye kadar birçok alanda kendine yer bulmaktadır. Yapılan araştırmalarla da bu alanlarda yeni yaklaşımları beraberinde getirmektedir [7].



Şekil 1. SG ve Eğitim (Kaynak: http-1)

Artırılmış Gerçeklik (AG) ise, gerçek dünya ile bilgisayar tarafından üretilen ses, video, grafik, GPS konum bilgisi gibi verilerin birleşimini kapsayan bir çalışma alanıdır. Normal koşullarda insanların duyuları ve bilişsel süreçleri tarafından saptanamayan bilgileri sağlayarak, gerçekliğin güçlendirilmesini ve desteklenmesini içermektedir. Özet olarak AG teknolojisi, gerçek dünyanın daha iyi algılanması için sezgisel bilgileri sağlamakta, sanal nesnelerin ya da bilgi ipuçlarının gerçek dünyaya yerleştirilmesi yoluyla kullanıcının algısını iyileştirmeyi mümkün hale getirmektedir [8].



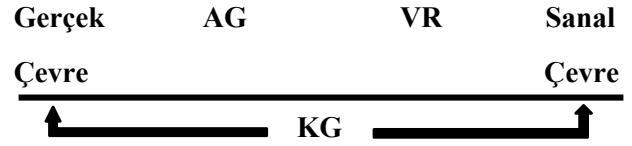
Şekil 2. TSK’da AG dönemi (Kaynak: <http-2>)

AG ve SG kavramları birbiriyle karıştırılabilmektedir. Sanal gerçekliğin amacı, gerçek dünyanın modellendiği üç boyutlu ve etkileşimli sanal ortamlar oluşturmaktır. AG ise gerçek zamanlı ve etkileşimli olarak gerçek dünyayı, bilgisayar ortamında geliştirilen sanal verilerle zenginleştirmeyi amaçlamaktadır [8]. Ayrıca SG ile kullanıcı gerçeklikten tamamen uzaklaşırken AG ise kullanıcının görmekte olduğu gerçek görüntünün üzerine sanal eklentiler ilave edilmektedir [9].

Askeri uygulama alanıyla başlayan AG teknolojisi günümüzde birçok alanda kendisini göstermektedir. Bu alanlar şu şekilde ifade edilebilir [10]:

- Eğitim ve insan bilimi,
- Doğal afet ve nükleer kazalardan korunma,
- Sanat, reklam ve pazarlama,
- Eğlence, sağlık ve müzecilik,
- GPS ve coğrafi etiketleme,
- Mühendislik, askeri ve güvenlik.

AG ve SG birlikte, **Karma Gerçeklik (KG)** adı verilen daha geniş bir teknoloji alanının parçasıdır. KG, fiziksel dünyayı dijital dünyayla harmanlayan farklı teknolojileri açıklar, tamamen gerçek ve sanal ortamların arasında bulunur ve hakkında çok az şey bilinen bir teknolojik gelişimdir. Bu gelişim aynı zamanda Endüstri 4.0 altında da çok önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 3. KG ortamı

Kaynak: H. Eschen, T. Kötter, R. Rodeck, M. Harnisch, T. Schüppstuhl, “Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry”, Procedia Manufacturing, Volume 19, s.157, 2018

Şekil 3’de belirtilen AG ve VR teknolojilerinin girift bir yapıda kullanılması yeni bir yaşam tarzının kapılarının açılmasına yol açabilir. Bu alandaki gelişimlerin eş orandaki ilerleyişi nörobilim alanındaki gelişimlere de bağlıdır. Teknolojinin uzmanlaştığı iki duyu alanı olan ses ve görüntünün her gün ilerlediği ve gerçeğe daha da yaklaştığı aşikârdır, ancak eksik kalan üç duyu alanına yönelik çalışmalar bu aşamanın tamamlanmasını sağlayacaktır [9].



Şekil 4. Case Western Reserve Üniversitesi’nin KG ile etkileyici HoloAnatomi uygulaması (Kaynak: <http-3>)

KG alanında AG tabletleri, Mağara Otomatik Sanal Ortamları (CAVE), başa takılan ekranlar (HMD) veya AG projektörleri gibi çeşitli cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazlar genellikle KG görüntüleme ve özellikle kullanıcı etkileşimi için diğer temel işlevleri sağlamaktadır. Ayrıca, sezgisel kullanılabilirliği desteklemek için izlenen kontrolörler, nesne tanıma ve izleme veya dokunsal geri bildirim gibi çeşitli işlevler entegre edilebilmektedir. Gelişmiş kontrol ve KG, görselleştirmeyi birleştirerek optimize edilmiş insan-bilgisayar etkileşimi sağlamaktadır [11].

3. Z (Dijital) Kuşak ve AG

Dijital çağda doğmuş ve büyümüş olan yeni nesil, dijital kuşak ya da Z kuşağı olarak adlandırılmaktadır [12]. Z kuşağı yaratıcı aktiviteler, değişim ve inovasyondan hoşlanmaktadır. Z kuşağı hızlı, sonuç odaklı ve pratiktir. Bununla birlikte aktif katılımcıdır, işbirliğini sever ve pasif olmayı reddeder. Sanal dünyada olmayı konuşmaya tercih eder ve mesaj göndermekten hoşlanır, ancak bu durum onları iletişimden uzaklaştırmaktadır. Bu durum da öğrenme problemlerini beraberinde getirmektedir. Aynı zamanda Z kuşağı kişisel ve bağımsız öğrenmeyi tercih etmekte ve motor becerilerini senkronize etmeyi tercih etmektedirler. Bu nedenle bu kuşakta yer alan bireyler öğrenirken okumak yerine izlemeyi tercih etmekte, bir ekran karşısında ve üç boyutlu öğrenme, sanal ortamda gerçek yaşamın yansımaları görmek istemektedirler [13].

Çağdaş eğitim yöntemleri ve ileri eğitim uygulamalarıyla doğuştan itibaren internetle büyümüş dijital yerli yeni neslin ilgisini çekmek, istenen yetkinliği aşımak, onları geleceğe hazırlamak ve etkili yöntemler geliştirmek için yenilikçi fikirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte görselleştirme teknolojilerinde özellikle de SG, AG ve KG uygulamalarındaki heyecan verici gelişmeler, öğrencilere sürdürülebilir yenilikçi bir eğitim için fırsatlar sunmaktadır. Gelecek neslin tutkusunu korumak, onları gelişmiş sistemlerle eğitmek ve sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşmak için akılcı ve mantıksal yöntemler geliştirilmesi önem arz etmektedir [14].



Şekil 5: Facebook SG teknolojisi için büyük adımlar atıyor. (Kaynak: <http-4>)

Tam bu noktada bir eğitim aracı olarak AG, eğitimi kolaylaştırıcı ve aynı zamanda kuvvet çarpanı olarak öne çıkmaktadır. Oturum başına çok az veya hiç ek maliyet olmadan, kısa sürede birçok eğitim tekrarını gerçekleştirmek için idealdir [15].

AG teknolojisi, sanal öğrenme materyallerinin gelişmesinde, eğitime adapte edilmesinde çok büyük önem taşımakta ve yeni neslin öğrenmesine çok çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bu teknoloji sayesinde, öğrenciler çevreyle etkileşim halinde ve zihinsel süreçlerini aktif bir biçimde kullanarak sürece dâhil olabilmekte, öğrenirken yeni keşifler yapabileceği deneyimi yaşayabilmektedir. Bununla birlikte yüz yüze iletişim yerine, bilgi ve deneyimlerin paylaşıldığı bir ortam yardımıyla doğrudan eğitim materyaliyle etkileşim kurabilmektedirler [16].

Bu bölümünde Z kuşağının özellikleri de göz önüne alınarak AG uygulamalarının avantajları ve dezavantajları incelenecektir.

3.1. AG Uygulamalarının Avantajları

Eğitime yeni bir yaklaşım getiren, eğitim etkinliği ile öğretmen ve öğrenciler üzerinde çok önemli etkilere sahip olan AG uygulamalarının eğitimde kullanılmasının birçok avantajı bulunmaktadır.

Öğretmenlerin derslerinde artırılmış gerçekliği eğitimle bütünleştirerek kullanması öğrencilerin dikkatinin çekilmesini ve sorunların karmaşık doğasının görselleştirilerek daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. AG uygulamaları öğrencilerin dikkatlerinin çekilmesini, motivasyonlarının artırılmasını, derslere aktif katılmalarını, öğrenme sürecinin zevkli, eğlenceli ve çekici hale

getirilmesini, kendi öğrenme hızlarına ve öğrenme stillerine uygun bir öğrenme ortamı sağlaması, yeni fikirlerle heyecanlanmasını, hayal güçlerini ve yaratıcılıklarını kullanmalarını, mekânsal becerilerinin geliştirilmesini, tüm duyu organlarına hitap edilmesini, kavramları/süreçleri daha iyi anlamasını, kavram yanılgılarının düzeltilmesini, soyut kavramların somutlaştırılmasını, tehlikeli deneylerin güvenli bir şekilde uygulanmasını, gerçek hayatta gözlemlenmesi mümkün olmayan bir öğretim durumunun uygulanmasını, hata yapmaktan korkmalarını, gerçek dünya ile ilişkili görsel-uzamsal bilgilerin kazandırılmasını, kendi öğrenme ortamları üzerinde kontrole sahip olmalarına imkân vermesi nedeniyle öz yeterliliklerini artırılmasını, bilgi işleme süreçlerini desteklemesini, eleştirel düşünmesini, problem çözme becerilerinin gelişmesini sağlar. AG öğrenimin fiziksel, bilişsel ve kavramsal boyutunu anlamak için bir çerçeve sunma, eğitimin gerçekçiliğe dayalı olarak uygulamalarını ve eğitim etkinliğini artırmak için fırsatlar sunma, bir yandan eğitim maliyetlerini azaltırken diğer yandan eğitim süresini kısaltma, kullanılabilirlik, güvenilirlik, öğrenci güvenliği ve daha fazlasının karşılamaktadır. Ayrıca, eğitim başarısını büyük ölçüde iyileştirme, başarısızlığa dayanıklı bir ortam sağlama, eğitimi tekrarlama, güvenliğe zarar vermeme, kullanılabilirlik, işlerin hızlı ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlama gibi birçok avantajı bulunmaktadır [13, 17, 18].

AG, gerçek dünyayı holografik nesnelere harmanlayan sürükleyici bir teknolojidir. SG'den daha az izole edicidir, bu nedenle uzaktan eğitim ve denetim için idealdir. AG üç temel alanda beceri geliştirmeye yardımcı olur [19]:

- **Ürün görselleştirme:** Yeni işe alınan kişilerin AG yardımı ile video izlemek veya diğer işçilere bakmak yerine, kullanacakları gerçek makinelerle doğrudan etkileşim kurarak eğitimleri sağlanabilmektedir.



Şekil 6. Yeni nesil SG ile sıfırdan tasarım yapma (Kaynak: <http-5>)

- **Uzaktan Yardım:** AG, uzman bilgisi gerektiren bir arızanın tamir edilmesinde veya teknisyene rehberlik edilmesi gereken durumlarda bir uzmana uzaktan canlı bağlantı sağlayarak ehil personel gözetiminde sorunun giderilmesi sağlanabilir.



Şekil 7. Microsoft'un AG destekli teknik yardım uygulaması (Kaynak: <http-6>)

- **Prosedürel Rehberlik:** AG katmanlarını kullanarak teknisyenler çalışma prosedürlerini, güvenlik önlemlerini ve diğer talimat türlerini öğrenebilirler. Bilgiler (metin, diyagram, video), işçinin bir şey yapması (ya da yapmaktan kaçınması) gerektiği anda fiziksel öğenin üzerinde görünür. Bu sayede AG yardımı ile teknisyen eğitimlerinde prosedürlerle ilgili yaşanabilecek olumlu ve olumsuz senaryolar önceden yaşatılarak bir taraftan teknisyenlerin eğitim etkinliği arttırırken diğer taraftan da çalışma prosedürlerinin çok kısa zamanda öğrenilerek sıfır hata ile çalışmasını sağlayabilirler.



Şekil 8. AR, dijital dünyanın bileşenlerini çalışan gerçek dünya algısına getirilmesi (Kaynak: <http-7>)

Özellikle iş sağlığı ve güvenliğinde; başta uzaktan eğitim, talimatların görselleştirilmesi, tasarım ve bakım güvenliği noktalarında önemli iyileştirmeler sağlayabilir. Bir yangın eğitimini kişilere ortamı yaşatarak, kişisel koruyucu giydirecek, söndürme cihazı kullanarak katılımcılara verebilir, tahliye tatbikatlarını ses, ışık, görüntü hatta duyuşsal uyarılar sayesinde neredeyse gerçeğe yakın yaşatabilir [20].



Şekil 9. Securitas SG yangın simülasyonu eğitimi (Kaynak: <http-8>)

Bununla birlikte AG uygulamaları ile [20]:

- Tasarımdaki güvenlik önlemlerinin kontrolünü basitleştirilebilir ve kolaylaştırılabilir, olası tasarım hataları ortadan kaldırılabilir,
- Çeşitli kaza senaryoları oluşturularak bunların olası etkileri simüle edilebilir ve mevcut güvenlik önlemlerinin etkinliği değerlendirilebilir,
- Uzaktan ve kişiyi iş ortamının içinde hissettiren daha etkin İSG eğitimleri sunulabilir, böylece zaman ve maliyet avantajı sağlanabilir.

3.2. AG Uygulamalarının Dezavantajları

AG uygulamalarının maliyetleri henüz istenen seviyelerde değildir. İhtiyaç duyulan altyapı ve donanım ihtiyaçları ile yetkin personel kıtlığı ekonomik sorununu ortaya çıkarmaktadır. Eğitmciler sınıfta AG kullanılması konusunda birtakım dezavantajları nedeni ile önyargılıdır ve eğitimcilerin bunu kabul etmeleri için zamana ihtiyaçları bulunmaktadır. AG uygulamalarının aşırı bilişsel yüke neden olacağı, içerik geliştirme zorluğu, 3D içerik ve uygulamaların geliştirilmesinde teknik bilgi yetersizliği, sınıfın fiziksel gereksinimleri, donanım gereksinimleri, AG ortamları arasında veri taşınabilirliği eksikliği, gizlilik eksikliği, geliştirme ve bakım masrafları şeklinde olumsuzluklar ifade edilebilir [13, 17, 18].

AG uygulamalarının önündeki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte ortadan kalkacağı değerlendirilmektedir.

4. Havacılık Eğitimlerinde AG

Günümüzde havacılık alanında tasarım, bakım, uçak içi yapısal takip ve uçuş yönetimi gibi konularda Endüstri 4.0 uygulamaları ile havacılıkta da ortaya çıkan ağlar, büyük verilerin mevcudiyeti, yerleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş üretim, her birine bağlı mikro sensör ağları, bilginin uzaktan operasyonlarla akıllı ve sezgisel olarak görselleştirilmesi, otomasyon gibi ortaya çıkan yıkıcı teknolojiler yardımıyla rekabet avantajı sağlanmaya çalışılmaktadır [21].

Endüstri 4.0, yenilikçi teknolojilerin çalışma sürecine entegrasyonu ile birlikte bakım faaliyetlerinin uzun vadeli gelişimini sağlamak için yeni fırsatlar sunmaktadır. Yeni teknolojiler beraberinde yeni yetenek ihtiyaçlarını ortaya çıkarmakta ve eğitimlerin gözden geçirilerek yeniden yapılandırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Söz konusu gelişmiş üretim teknolojilerinin sürdürülebilir çalışması için yüksek vasıflı operatörlere ve deneyimli mühendislere ihtiyaç duyulmaktadır [14].

AG, iş ile ilgili becerilerin edinilmesinde bir araç görevi görmekte, gerçeklik dünyası yaratarak havacılık ve havacılık eğitimlerini dönüştürme potansiyeline sahiptir [22]. AG tabanlı eğitim

sistemleriyle gerçek dünyadakine benzer çalışma ortamı oluşturularak başta pilotlar, uçak bakım personeli ve hava trafik kontrolörleri olmak üzere diğer tüm havacılık çalışanlarının birçok göreve ilişkin eğitimleri etkin bir şekilde yapılabilmektedir [23].



Şekil 10. Ticari havacılıkta AG (Kaynak: <http-9>)



Şekil 11. CLAIRITY HoloTower (Kaynak: <http-10>)

Havacılık güvenliğini artırma çalışmaları kapsamında, insan hatalarının operasyonlar üzerindeki etkisini azaltma çalışmaları çok önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle havacılık sektöründeki bakım teknisyenleri katı zaman kısıtlamaları ve sıkı kurallara bağlı olarak yüksek stresli koşullar altında çalışmaktadır. Yapılan hataların çoğu bir kaza meydana gelene kadar belli olmamaktadır. Havacılık güvenliği için çok büyük bir tehdit olan bakım hataları bilinmesine rağmen, konuyla ilgili çok az simülasyon bulunmaktadır. Bilgisayar tabanlı eğitim sistemleri kullanılarak, bakım teknisyenlerinin eğitimlerinde yüksek standartlar yakalanabilir, yaşanan tecrübelerin

eğitilmeye dâhil edilmesiyle kurumsal hafıza oluşturulabilir ve konuların daha açık bir şekilde anlaşılabilir [24].



Şekil 12. Eurasia Airshow'da BİTES Savunma Havacılık ve Uzay Teknolojilerinin AG çalışmaları (Kaynak: <http-11>)

Ayrıca, bazı görevleri sık sık yerine getirme fırsatı bulamayan bakım teknisyenlerinin belirli detayları zaman içinde unutma ihtimali bulunduğundan daha önceden alınmış eğitimlerin periyodik olarak tekrarlanması çok önemlidir. Bu kapsamda, riskli ve karmaşık süreçleri içeren bakım uygulamalarının daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için eğitimlerde dijital teknolojilerden yararlanılması süreç yönetimini kolaylaştırmaktadır. Sanal ortamların [25]:

- Rahat ve doğal olması nedeniyle kullanıcının etkileşiminin artması,
- Bilgilerin saklanması kolaylaştırması,
- Çok kez tekrarlanabilir olması,
- Endüstriyel ve çevresel tehlikelerden izole edilmesi nedeniyle güvenli olması
- Gerçek bileşenleri içermediğinden uygulamada tasarruf sağlaması,
- Mekândan ve zamandan bağımsız eğitim sağlaması,
- Kullanıcılara iki boyuta kıyasla 3 boyutun sürükleyici bir deneyim sunması nedeniyle uzamsal ilişkileri daha iyi anlaması,
- Bireysel adımların tekrarlanabilir olması nedeniyle eğitilen personele farklı bakış açılarından ve görüşlerden süreci analiz etme fırsatı sağlaması en önemli özellikleridir.

Havacılık endüstrisi mevcut bakım problemlerini çözme potansiyeline sahip Dijital İkiz veri tabanı ve AG gözlükleri kullanarak teknisyene önceden sistem ile ilgili bilgisini deneyimleme fırsatı sunulabilmektedir. Örneğin hasar yerlerinin keşfi, hasar belgelerini inceleme, harici sensör ile verilerin incelenmesi (ultrasonik taramalar), ihtiyaç duyulan bilgilerin sağlanması, uçağın uçuşa elverişliliği gibi çeşitli alanlarda AG eğitim çalışmalarının yapılması mümkün olabilmektedir. Böylece bakım eğitimlerinin kalitesinin artırılarak uygulamalara yönelik ihlaller ve gerçeklerin yanlış yorumlanması engellenebilir [23].



Şekil 13. RE’FLEKT AG çalışmaları (Kaynak: [http-12](http://12))

AG cihazları ile edilen/edilebilecek kazanımlardan [11, 21, 26-29] ortam Tablo 1’de, dokümantasyon Tablo 2’de, eğitim Tablo 3’de, veri ve altyapı Tablo 4’de, bakım teknisyenleri Tablo 5’de, bakım görevleri ise Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 1. AG’nin ortama etkileri

Ortam
<ul style="list-style-type: none"> Tehlikeli ve çoğu zaman zor ortamlarda, başarılı bakım görevleri yapılabilir. Çevresel ve sınır koşulları hakkında gerçek zamanlı bilgi akışı sağlanabilir. Uzaktan yedek parça temin edebilen çözümler üretilebilir.

Tablo 2. AG’nin dokümantasyona etkiler

Dokümantasyon
<ul style="list-style-type: none"> Uçak bakımında “yavaş, külfetli ve hataya yatkın” olarak tanımlanan kâğıt bazlı dokümantasyon kullanmadan teknik dokümanlara kolay erişim sağlanabilir. Belgeleri azaltma, güvenlik seviyesinin artırılması ve insan hata olasılığının azaltılmasını sağlayabilir. Envanterde uzun süre kalacak olan bir uçağın dokümantasyonun uzun süren güncellemelerinin daha kolay yapılmasını sağlayabilir.

Tablo 3. AG’nin eğitime etkileri

Eğitim
<ul style="list-style-type: none"> Yüksek düzeydeki bir eğitimin daha kısa bir zamanda ve maliyet etkin olarak verilmesi potansiyeline sahip olabilir. Eğitim etkinliğinin artışı sağlanabilir. Karmaşık görevlerin daha güvenli bir şekilde öğretimi sağlanabilir. İSG riskleri ve insan hataları açısından olası azalma sağlanabilir.

Tablo 4. AG uygulamalarının veri ve altyapıya etkileri

Altyapı ve Veri
<ul style="list-style-type: none"> Kompozit yapıların hasar tolerans analizini yapmak için Büyük Veri işleme stratejileri ile uçuşa gerçek zamanlı veri elde ederek aviyonik sistemlerin performansının artırılmasını, veri füzyonunu, uçak yapısal sağlığını izleyen sensörler yardımıyla veri almayı ve verilerin kaynaşmasını sağlayabilir. Gerçek ortamda oluşturulan 3D yardımıyla bilgilerin tablette görselleştirmesi sağlanabilir. Yazılım ve donanım mimarisi çok uzun ömürlü olup tekrar kullanılabilir.

Tablo 5. AG'nin bakım teknisyenleri için kazanımları

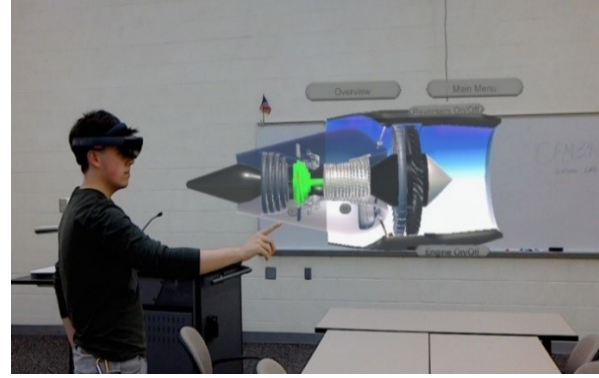
Bakım Teknisyenleri
<ul style="list-style-type: none"> • Yararlı ve iyi uyarlanmış bilgilerle bakım teknisyenlerinin vizyonlarını geliştirilerek çok daha karmaşık görevlerin daha kolay gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir. • Acil bir sorun veya karmaşık bir sorun ortaya çıktığında, hızlı bir teşhis için dışarıdan uzmanlıkla kolayca bağlantı kurularak hızlı ve verimli müdahaleler yapılabilir. • Uzaktan etkili bir yardım sayesinde bakım teknisyenlerinin zihinsel iş yükünü ve müdahale zamanını azaltabilir. • Teknisyenlere dijital bilgi desteği sağlanarak gerçek dünya vizyonunu gerçek zamanlı olarak güçlendirebilir, çevre ile etkileşim sağlayabilir, doğru yerde doğru bilgiler görüntülenebilir. • Teknisyenlerin baş hareketini azaltabilir. • Teknisyenlerin işlem basamakları arasında daha hızlı bir şekilde hareket etmesine izin verilebilir, bir önceki adıma veya bir sonraki adıma geri dönme hızını artırarak enerjinin etkin kullanılmasını sağlayabilir.

Tablo 6. AG uygulamalarının bakım görevlerine etkileri

Bakım görevleri
<ul style="list-style-type: none"> • Bakım görevleri büyük ölçüde basitleştirilebilir. (Karmaşık boyutlu resimler ve şemalar, karmaşık bir bölgedeki bileşenleri tespit etme zorluğu, uzun ve yorucu montaj / demontaj işleri vb.) • Bakım görevlerinin daha kısa bir zamanda, daha emniyetli ve etkin olarak yerine getirilmesi sağlanabilir. • Yapılan işin kalitesinin ve verimliliğinin artması sağlanabilir. • Ticari bir uçağın tüm bakımlarının artırılmış gerçeklikle uygulanmasıyla görevlerin titizlikle ve oldukça kısa bir sürede yapılması sağlanabilir.

4.1. Uçak Bakım Temel Eğitimlerinde AG

Lori Brown'un HoloLens çalışmasıyla Western Michigan Üniversitesi, sınıfta AG kullanan ilk üniversite havacılık programı olmuştur [31].

**Şekil 14.** Western Michigan Üniversitesi HoloLens çalışması (Kaynak: <http://13>)

Vuforia Model uçak bakımında uygulamalarına AVATAR, burun iniş takımı montajıyla büyük ölçekli (6:1) F/A-18 F model uçaklarda başladı. Normal şartlarda burun iniş takımında kablolama ve hidrolik sistemlerde meydana gelen arızaları giderirken, uçak başına gitmek, o bölgede bulunan bazı parçaları sökmek, yeniden takmak, test etmek ve tüm bunları bir uzmanın nezaretinde yapmak gerekmektedir. Bu işlemler sonucunda uçağın faaliyetinde gecikmeler, ekipmanlarında aşınma ve yıpranmalar oluşmaktadır. AVATAR ise tüm bu işlemlerin uçuş hattına gitmeden emniyetli ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

**Şekil 15.** ARMA (AVATAR) bileşen tanımlaması (Kaynak: <http://14>)

AVATAR AG'de bakım kılavuzlarında bulunan prosedürdeki her bir ardışık adım için açılması gereken tüm panelleri, hangi konektör ve pimlerin

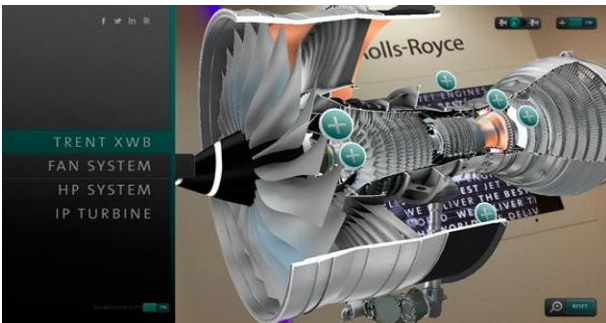
kullanılacağı, demontaj ve montajları gösterir. Bunun sonucunda, uzman personeli uçak başına çağırma ve gerçek uçak ihtiyacını ortadan kaldıracak, parçaların aşınmasını ve yıpranmasını ortadan kaldırılabilecektir [32].

United Technologies Araştırma Merkezi ile Pratt & Whitney bakım eğitimlerinde kullanılmak üzere SG motoru geliştirme konusunda işbirliği başlattığını açıklamıştır [33].



Şekil 16. Pratt & Whitney AR çalışmaları (Kaynak: <http-15>)

AFI KLM E&M tarafından Boeing 787 Trent 1000 motorunun karmaşık mekanik sistemleri ve bileşenleri, hologram olarak doğru bir şekilde yeniden yaratılmıştır. Bu teknoloji yardımıyla kursiyerlerin daha kısa bir eğitim süresinde becerilerini dinamik ve verimli bir şekilde geliştirebilmesine, işbirliği halinde bir takım olarak eğitilmesine ve tam bir hareket özgürlüğüne sahip olmaktadır. Nuveon yetkilisi tarafından Gulf Air ile gerçekleştirilen ve onaylanan modülün, *EASA ve Bahreyn CAA tarafından Bölüm 147 sertifikalı olduğu* belirtilmiştir [34].



Şekil 17: Rolls-Royce Trent XWB motoru AG çalışması (Kaynak: <http-16>)

Hollanda Havacılık Araştırma Merkezi (NLR) ile AFI KLM E&M işbirliği yaparak stajyerlerin sistemlerinde ve eğitmenlerinde hareket etmelerine ve etkileşimde bulunmalarına olanak tanıyan sanal bir uçak modeli geliştirmiştir. Araştırmalar, bu fütüristik çözümün geleneksel kalem ve kâğıt yöntemlerinden ve hatta bilgisayar destekli öğrenmeden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu durumun teknisyenler için mevcut en ileri eğitim olduğu düşünülmektedir [34].



Şekil 18. NLR ve AFI KLM E&M uçak bakım SG ile eğitim uygulaması (Kaynak: <http-17>)

Japan Airlines ve JAL Engineering ile birlikte Airbus, A350 XWB için Microsoft HoloLens sürükleyici karma gerçeklik kulaklıklarından yararlanan bir prototip eğitim uygulaması geliştirmiştir. Airbus'ın geliştirdiği eğitim, uzaktan işbirliği ve bakım çözümleri de dâhil olmak üzere birçok hazır uygulamayı içermektedir. Bakım teknisyenlerine ve kabin ekibine, isteyken görüş alanlarında görüntülenen 3D içerik ve iş akışı talimatları ile yardımcı olan bir eğitim programı sunulması amaçlanmaktadır [35].



Şekil 19. Airbus A350 XWB için kullanılan KG uygulaması (Kaynak: <http-18>)

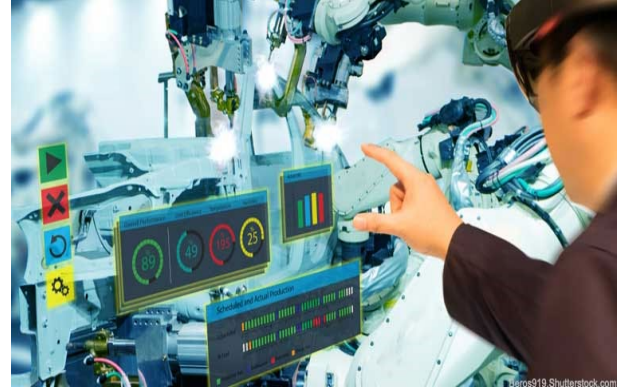
Bir uçak bakım ve onarım hizmetleri şirketi olan FL Technics, bakım ekipleri için standartlaştırılmış eğitim sürecini sanal bir öğrenme ortamı geliştirerek havacılık mekaniği eğitimlerini 3 aydan 3 haftaya indirmeyi hedeflemektedir [36].

ABD Hava Eğitim ve Öğretim Komutanlığı (AETC), uçak bakımı ve hava aracı teknisyeni için yetkinlik tabanlı bir SG ve AG eğitim yeteneği geliştirmek için çalışmaktadır. Bu kapsamda AETC envanterindeki her uçak için 3D Uçak Görev Tasarım Serisi ortamları ile sınıf ve uçuş hattı için sanal eğitim hangarları, güçlü AG özellikleri ve kapsamlı eğitmen araçları ile her yerde ve her zaman eğitim yapmayı amaçlamaktadır. AETC endüstriyel çağın zamana ve göreve dayalı bir modelinden;

- Gelecek için yetkinliğe dayalı bir modele götürecek uygun bir mesleki yeterlilik modelinin geliştirilmesini,
- Bu mesleki yeterlilikleri öğretmek için yeni teknolojileri tanımlamak ve kullanmak için çalışılmasını,
- Aynı zamanda öğrenci merkezli eğitim için yeni methodolar uygulanmasını,
- Uzmanlık ve deneyimlerinden maksimum seviyede faydalanabilmek için programı

basitleştirilmiş bir süreçle kolaylaştırarak bir modele geçişi planlamaktadır [37].

San Antonio-Lackland'daki Kariyer Destekli Havacı Mükemmellik Merkezi'ndeki öğrenciler için oluşturulan C-5M Galaxy ve C-130J Super Hercules için ilk sanal modellerle tamamlanmıştır. AG eğitimleri öğrenci merkezli, görev odaklı ve yetkinlik temelli bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 20. Hava Kuvvetleri (AF) AG yardımıyla uçak bakımını gerçekleştiriyor. (Kaynak: <http-19>)

Havacılık eğitimlerindeki AG uygulamalarından bazıları Tablo 7'de gösterilmiştir ve bu doğrultuda uygulama sayısının her geçen gün hızla arttığı görülmektedir.

Tablo 7. Havacılık eğitimlerindeki AG uygulama örnekleri

Çalışma	Açıklama	Sonuçlar
Cessna 337'de 5-41 prosedürünün bulunması	Havacılıkta yetenekli 10 kişilik bir gruba toplam 800 sayfalık bakım bilgileri içeren Hololens gözlüğün çalışma prosedürleri anlatıldıktan sonra 5-41 prosedürünün bulunması ile ilgili ölçümler yapılmıştır.	<ul style="list-style-type: none"> • Manuel yolla 26,5 saniye olan ortalama süre daha başlangıçta % 27 oranında bir azalmayla 19,4 saniyeye düşürülmüştür [21].
Cessna 172 Kontrol görevleri	AG deneyimi olmayan 10 personel ile 30 dakikadan az süren eğitim sonrası yağ kontrolü yapılmıştır.	<ul style="list-style-type: none"> • Ortalama görev zamanı 20 dakika, görüntü ile ilgili kesintileri çözmek için maksimum harcanan süre 8 dakika olmuştur [24].
AFI KLM NLR	Hollanda Havacılık Araştırma Merkezi (NLR) ile işbirliği yapılarak sanal bir uçak modeli geliştirilmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> • Daha etkileşimli bir eğitim ortamı oluşturulmuştur. • Daha fazla bilgi aktarımı sağlanmıştır [34].

5. Sonuç ve Tartışmalar

2019 yılındaki havacılıkta AG ve SG pazarının 78 milyon ABD dolarından, 2025 yılına kadar yaklaşık 17,5 kat artarak 1.372 milyon ABD dolarına çıkacağı tahmin edilmektedir. Artan verimlilik ve maliyetlerdeki tasarrufların havacılık sektörünün büyümesinde AG ve SG pazarını yönlendirmesi beklenmektedir. Havacılıkta AG ve SG imalat, bakım, havaalanı operasyonları, havayolu operasyonları, havacılık eğitimi gibi havacılık fonksiyonlarında maliyet tasarrufuna yol açan daha pürüzsüz ve verimli operasyonlar sağlamaktadır [29].

Havacılık endüstrisi özellikle AG'nin yükselişinden yararlanmaya hazırdır ve bu kapsamda birçok şirket uçak bakımını kolaylaştırmak için AG seçenekleri geliştirmektedir. AG uygulamalarının uzmanlar tarafından havayolları ve uçak üreticileri için oldukça çarpıcı bir yatırım getirisi sağlayacağı düşünülmektedir [30].

Havacılıktaki risklerin çok yüksek oluşu güvenlik kavramını uçak bakımın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Mevzuat gereği denetim seviyesi çok sıkıdır ve güvenlik, bir uçak üreticinin veya hava yolu işletmecisinin işlerini desteklemek için yaptığı her faaliyetin zorunlu bir bileşeni haline gelmiştir. İçerisinde insanın olduğu herhangi sisteminde hata potansiyeli vardır. AG ve SG uygulamalarını benimseyen kuruluşlarda güvenlik konularında % 50'ye yaklaşan bir iyileşme ile birlikte daha düşük hata oranları bildirilmektedir [8].



Şekil 21. Airbus ve Microsoft HoloLens 2 yazılımı geliştirme çalışmaları (**Kaynak:** <http://20>)

Index AR Solutions tarafından AG'nin % 2-5 oranında maliyeti azaltan bir teknoloji olmadığı,

sanılanın aksine % 25'ten % 90'a varan ölçülebilir tasarruflu uygulama olduğu ve bu alanda oyunu değiştirdiği vurgulanmıştır [11].

Bakım görevleri karmaşık işlemler olup, her makine ve ekipman için ayrı ayrı prosedürler ve teknikler içermektedir. Bu nedenle personel sürekli olarak eğitime ihtiyaç duymakta, bakım müdahaleleri sırasında zaman zaman bilgi desteği istemektedir. Çok pahalı ve karmaşık olan eğitim süreçlerinde teknisyenlerin daha verimli bir şekilde eğitilmesi önem arz etmektedir.

Bir konuda bilgi edinmek, davranış değişikliği kazandırmaya yetmeyebilir. Özellikle de acil durumlarda davranışa dönüşmesi istenen bilginin, öğrenen tarafından algılanması, deneyimle pekiştirilmesi ve uzun süreli belleğe kaydedilmesi gerekir. AG uygulamaları bilginin kalıcılığıyla ilgili eğitim ve öğrenimde devrim niteliğinde yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu sayede eğitilenin tecrübe kazanmasında sanal deneyimler büyük rol oynamaktadır. AG ile verilen eğitimler önceden hazırlanmış ve planlı biçimde verilmektedir. Böylece uyarıcıların eğitime kademeli olarak verilebilmesi, gerçek olayların rastsallığı yerine bilinçli olarak alternatif durumların her birinin ele alınabilmesi, tekrarlı maruz bırakma sayesinde bilginin işlenip kalıcı bir anı niteliği kazanması, kişinin beklenen davranışı tekrar tekrar uygulama yaparak pekiştirmesi gibi özellikler ile etkili bir öğrenme sağlanabilmektedir. Bu nedenlerle AG uygulamaları ile verilen eğitim sayesinde [38];

- Eğitim süresi kısaltılabilir,
- Bilgi ve becerilerin uzun süreli bellekte tutulması sağlanabilir,
- Eğitilenlere ürün veya sistemlerin işlevlerini ve özelliklerini 3 boyutlu gerçekçi görüntüler ile çeşitli açılardan ve mesafelerden inceleme fırsatı sunulabilir,
- Eğitilenlere, eşzamanlı olarak sunulan uyarılar sayesinde öğrenme nesnelerinin kavranmasını kolaylaştıran güçlü bir "oradaymış gibi" hissi yaşatılabilir.

AG gibi yeni teknolojiler, geleneksel bir yaklaşıma göre havacılıkta bakım operasyonlarını yürütmek için daha iyi bir yol sağlayabilir ve hava aracı bakım faaliyetlerini çeşitli şekillerde desteklemek için kullanılabilir. AG tabanlı Resimli

Parça Katalogları, Bakım El Kitapları, uzaktan bakım yazılım araçları, AG destekli montaj/demontaj işlemleri, AG'ten yararlanılarak gerçekleştirilebilecek işlemlerin bazılarını örnek olarak verilebilir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgu ve değerlendirmeler şu şekilde özetlenebilir:

- **Herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerde eğitim;** AG uygulamaları ile öğrenciler zamandan ve mekândan bağımsız olarak laboratuvar dışında çalışma fırsatı bulabilirler. Eğitimler, kursiyerlerin bekleme sürelerini ve durumsal farkındalık kaybını azaltmak için eğitim ekranındaki teknik kılavuzları, kontrol listelerini ve adım adım talimatları görmelerine izin verebilir. Eğitim ortamında bulunmayan bir eğitmen belirli bir görevi nerede ve nasıl yapmaları gerektiğine dair sanal göstergeler vererek öğrenciye sanal geri bildirim sağlayabilir.
- **Eğitim süresinin kısaltılması ve oyun tabanlı etkin eğitim;** Hava Aracı Teknisyeni aday öğrencilerin dijital yerli nesil olmaları nedeniyle oyun tabanlı öğretim tekniklerini benimsedikleri, eğitimlerden beklentilerinin yüksek olduğu bilinmektedir. AG uygulamaları ile uçak bakım eğitimleri dijital kuşak öğrencilerin etkileşimde bulunabileceği, ilgi çekici deneyimler yaratmasını sağlayarak bir taraftan eğitim süresini kısaltacak, diğer taraftan eğitim etkinliğinin artırılmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.
- **Derin öğrenme;** Sanal ortamlar ile öğrencilerin etkileşimde bulunduğu eğitim ortamının oluşturulmasıyla konuların daha detaylı öğrenilmesi sağlanarak aradan geçen zamana rağmen konuların hatırlanma oranı yükselecektir.
- **Ekonomik;** Havayolu işleticileri ile havacılık eğitimi veren okullar uygulamalı bir eğitim ve pratik deneyime izin vermek için uçaklara erişim sağlamada zorluklarla karşılaşmaktadır. AG eğitimleri ile 3B modelleme kullanılarak, laboratuvarların geleneksel kullanımının azaltılması ve bu sayede malzeme sarflarının önlenmesi sağlanabilir. Örneğin KG uygulamalarıyla, gerçek uçak motoruna ihtiyaç duymadan öğrencinin gözlük yardımıyla motor bileşenin içine girmesine fırsat verilerek bir taraftan eğitim ekonomik hale gelirken, diğer taraftan eğitim etkinliği artmaktadır.

• **Kaza ve olayları emniyetli deneyimleme imkânı;** Sanal ortamlar, öğrencilerin etkileşimde bulunabileceği yeni donanımlar ile güvenli ortamlar oluşturularak (gerçek hayatta denenmesi imkânsız olaylar da dâhil olmak üzere) deneyim kazandırılmasını sağlayabilir. Örneğin, daha önceden yaşanan kaza ve olaylar belirli senaryolar dâhilinde sanal ortamlarda işlenerek geçmiş tecrübelerin aktarımına, uçuş emniyetinin artırılmasına katkı sağlayabilmektedir.

• **Objektif ölçme ve değerlendirme;** Bir SG eğitim aracı tarafından öğrenciye eğitim verilerek eğitim sonunda öğrencinin sınavları yapılabilir. Değerlendirme kıstasları eğitmenler tarafından iyi tanımlandığı takdirde öğrencilerin ölçme ve değerlendirme faaliyetleri verimli bir şekilde yapılabilir.

• **İş sağlığı ve güvenliği açısından;** Çalışan sağlığını, güvenliğini ve geleceğini gözeterek AG uygulamaları çalışanların işe bağlılığını güçlendirirken, çalışan değişim oranını ve maliyetini düşürür.

• **Dezavantajlar;** Tüm bu olumlu yönlerinin yanı sıra AG önünde teknolojik engellerin (altyapı, çözünürlük, fiziksel etkileşim zorlukları vb.) bulunması, aşırı bilişsel yüke neden olması, donanım ile yazılımların yüksek maliyetli olması, içerik geliştirme zorluğu, teknik bilgi yetersizlikleri, geliştirme ve bakım masrafları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu alanda karşılaşılan en büyük zorluk ise uygun içeriğin ve uygun görüntüleme teknolojisinin geliştirilmesidir. AG uygulamaları kapsamındaki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte ortadan kalkacağı değerlendirilmektedir.

Hava Aracı Bakım Eğitim Kuruluşları Yönetmeliği (SHY-147) kapsamında Tanınan Okul yetkisi almak için gereklilikler ile ilgili ölçütler ihtisaslar bazında Tablo 8'de verilmiştir. Söz konusu ölçütler incelendiğinde, 11 başlık altındaki mekanik ihtisası için 180, aviyonik ihtisası için 100 ve her iki ihtisas için 90 adet ölçütün ortak olduğu görülmektedir. Hem mekanik hem aviyonik ihtisaslarında teknisyen yetiştirecek bir okulun toplam 190 adet işlem maddesini karşılama zorunluluğu bulunmaktadır.

Söz konusu ölçütleri sağlayabilmek amacıyla her konu başlığındaki uçak bakım eğitimlerinin bilgi kısımları SG, beceri ve uygulama kısımları ise AG kullanılarak verilebilecektir. Ancak, hâlihazırda teknoloji ve alt yapı yetersizlikleri, AG konularında az sayıda uzman personelin olması, eğitimcilerin

AG uygulamalarına yönelik senaryo oluşturmadaki yetersizlikleri ve yeniliğe karşı gösterdikleri direnç ile birlikte sertifikasyon konusundaki belirsizlikler AG uygulamalarının uçak bakım eğitimlerinde yaygın olarak kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

Tablo 8. Tanınan okul kıstasları

Konu Başlıkları	Mekanik	Aviyonik	Mekanik/Aviyonik (Ortak)	Mekanik (Farklı)	Aviyonik (Farklı)
Emniyet Tedbirleri	2	2	2	-	-
Mekanik	19	9	9	10	-
Elektrik	23	23	23	-	-
Elektronik	3	12	2	1	10
Tesviye	15	3	3	12	-
Kompozit	4	1	1	3	-
Ahşap	5	3	3	2	-
Kumaş Kaplama	4	2	2	2	-
Bakım Pratikleri	39	16	16	23	-
Gaz Türbinli Motorlar	26	13	13	13	-
Turboprop/Turboşaft/Pistonlu Motorlar	40	16	16	24	-
Toplam	180	100	90	90	10

Uçak bakım teknisyenlerinin mezuniyet sonrası çok kısa bir süre içerisinde operasyonel mükemmelliği yakalamaları ve meslek hayatları boyunca bunu sürdürmeleri için bilgilerini güncel tutma zorunluluğu bulunmaktadır. AG uygulaması ile verilen uçak bakım eğitimlerinin sağladığı deneyimler ve derin öğrenme sayesinde, zor ve sıkı koşullar altında görev yapan uçak bakım teknisyenlerinin başarılı görevler icra etmesi sağlanacaktır. Bunun için gerekli altyapının oluşturulması ile uçuş emniyetine doğrudan katkı sağlanabilecektir.

Ancak, eğitimciler sınıfta AG kullanılması konusunda önyargılıdır ve eğitimcilerin bunu kabul etmeleri için zamana ihtiyaçları bulunmaktadır. Tam daldırma hissi veren bir ortam ortaya konulana kadar SG ve AG uygulamalarının benimsenmesi zor olacaktır. İlerleyen zamanlarda hızla gelişmekte olan AG uygulamalarının önünde bulunan teknolojik ve diğer tüm engellere çözüm bulunacağı, maliyetlerin düşürüleceği, içerik geliştirme zorluklarının ortadan kaldırılacağı ve sayıca yetersiz teknik personel sorunlarının aşılacağı düşünülmektedir.

Bu süreç içerisinde gelecekte yapılacak

çalışmalar kapsamında uçak bakım gerçeklik uygulamalarının SHGM liderliğinde gerçeklik konularında uzman özel sektör temsilcileri, hava liseleri ile üniversitelerin havacılık MYO ve dört yıllık eğitim veren yüksekokulların öğretim kadrolarının katılımı ile geniş çaplı bir çalıştay yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Yapılacak çalıştay sonucunda;

- Personelin sanal gerçeklik konusunda eğitimler alarak farkındalıklarının artırılması,
- Altyapı ve ders eğitim yardımcılarının (gerçek uçak, model, maket vb.) belirlenerek ortaya çıkacak olan ihtiyaçların giderilmesi,
- Her seviyede uygulanacak sanal gerçeklik eğitimlerini müfredatlarının standartlarının belirlenmesi,
- Özel sektör ile birlikte derslere yönelik gerçeklik senaryolarının oluşturulması,
- Oluşturulan sanal gerçeklik senaryolarının denenecek başarısının test edilmesi,
- Ölçme ve değerlendirme kriterlerinin belirlenerek sınavların sanal ortamda yapılması ve yapay zekâ kullanılarak objektif değerlendirmelerin geliştirilmesi,
- Yapılan tüm eğitimlerin sertifikasyonlarının

sağlanması,

- Diğer hususlarla ilgili yapılacak çalışmaların belirlenerek hayata geçirilmesi ile uçak bakım eğitimlerinde sanal gerçekliğin kullanılması mümkün olabilir.

Tüm bu aşamalar tamamlandığı takdirde; Dijital neslin eğitim ihtiyaçlarının tam olarak karşılanabileceği, teknisyen/tekniker adaylarına

yüksek standartlarda iş deneyimi kazandırılabilmesi, tüm eğitimlerin zaman ve mekândan bağımsız, etkin ve ekonomik olarak gerçekleştirilebileceği, kurumlar arası bilgi paylaşımının sağlanabileceği, havacılık standartlarının geliştirilerek hava aracı teknisyen/tekniker eğitimlerinde kurumsallaşmaya büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] L. Damiani, M. Demartini, G. Guizzi, R. Guido, R.F. Tonelli, "Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era," IFAC PapersOnLine, 51-11, 2018
- [2] A.A. Zamkovoï, N.V. Komarova, S.V. Novikov, "Rethinking the Education of Aviation Specialists for a New Era," Russian Engineering Research, Volume 39, Issue 3, 268-271, March 2019
- [3] I. Guyon, R. Amine, S. Tamayo, F. Fontane, "Analysis of the opportunities of industry 4.0 in the aeronautical sector," 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC, 2019
- [4] M. Dikkaya, Ü. Gençer, İ. Aytekin, "ENDÜSTRİ 4.0 Devriminin Ekonomik Etkileri Üzerine," 12. Uluslararası Kamu Yönetim Sempozyumu, Türkiye'de Toplum, Yerleşim ve Yönetim Tartışmaları, Kırıkkale, Ekim 2018
- [5] E. Öztemel, "Eğitimde Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0," Üniversite Araştırmaları Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, 25-30, Nisan 2018
- [6] R. Efeoğlu, E. Bozkurt, "SANAYİ 4.0 ve İşgücü Piyasasına Etkisi," IV. International Caucasus- Central Asia Foreign Trade And Logistics Congress, Didim/AYDIN, September 2018
- [7] C. Şekerci, "Sanal Gerçeklik Kavramının Tarihçesi," Journal of International Social Research, Volume 10, Issue 54, 1126-1133, 2017
- [8] S. Somyürek, "Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik," Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, Cilt 4, Sayı 1, 2014
- [9] Ö. Anar, "Fütürist Açısından Karma Gerçeklik Üzerine Bir İnceleme," Üsküdar Üniversitesi İletişim Fakültesi 6. Uluslararası İletişim Günleri Dijital Dönüşüm Sempozyumu, 47-56, 2019
- [10] T. İçten, G. Bal, "Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi," Gazi Üniversitesi J Sci, Part C, 5(2): 111-136, 2017
- [11] H. Eschen, T. Kötter, R. Rodeck, M. Harnisch, T. Schüppstuhl, "Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry," Procedia Manufacturing, Volume 19, 156-163, 2018
- [12] M. Prensky, "Digital natives, digital immigrants," Part 1, On the Horizon, 9 (5), 1-6., 2001
- [13] A. Erdem, "Educational Importance of Augmented Reality Application," Educational Research and Practice, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN 978-954-07-4271-7, 448-458, 2017
- [14] B. Salah, M.H. Abidi, S.H. Mian, M. Krid, H. Alkhalefah, A. Abdo, "Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance

- Manufacturing Sustainability in Industry 4.0”, *Sustainability*, 11, 1477, doi:10.3390/su11051477, 2019
- [15] “Augmented Reality In Aviation A Long-Awaited Technology Comes of Age”, https://www.flatironssolutions.com/wp-content/uploads/2018/05/FJ_en_brochure_AR_in_Aviation_WP.pdf [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [16] M. Dunleavy, C. Dede, “Augmented reality teaching and learning,” *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 735-745, 2014
- [17] B.G. Emiroğlu, A.A. Kurt, “Use of Augmented Reality in Mobile Devices for Educational Purposes,” *Information Resources Management Association (IRMA) (Eds.), Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools and Applications (3 Volumes)*, USA: IGI Global, 254- 276, 2018
- [18] S. Somyürek, “Öğrenme Sürecinde Kuşağının Dikkatini Çekme: Arttırılmış Gerçeklik,” *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, Cilt:4, Sayı:1, 63-80, 2014
- [19] “Augmented Reality Can Reduce the Skill Gap in Several Industrial Sectors,” <https://arpost.co/2019/04/12/augmented-reality-reduce-skill-gap-industrial-sectors/> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020].
- [20] “Arttırılmış Gerçeklik” <http://www.isteguvencilik.tc/makaleler/133-artt%C4%B1r%C4%B1lm%C4%B1%C5%9F-er%C3%A7eklik.html> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020].
- [21] A. Ceruti, P. Marzocca, A. Liverani, B. Cees, “Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: The role of Augmented Reality and Additive Manufacturing”, *Journal of Computational Design and Engineering*, Volume 6, Issue 4, 516- 526, 2019
- [22] N.D. Macchiarella, D. Liu, S.N. Gangadharan, “Augmented Reality as a Training Medium for Aviation/Aerospace Application,” *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2005
- [23] J.A. Erkoyuncu, M. Alrashed, M.M. Dalle, R. Michela, D.G. Rajkumar, “Real life augmented reality for maintenance,” *Int'l Conf. Modeling, Sim. and Vis. Methods (MSV'16)*, 64-69, 2016
- [24] F. De Crescenzo, M. Fantini, F. Persiani, L.D. Stefano, P. Azzari, S. Salti, “Augmented Reality for Aircraft Maintenance Training and Operations Support,” *IEEE Computer Society*, 96-101, 2011
- [25] S.K. Gupta, D.K. Anand, J.E. Brough, R.A. Kavetsky, M. Schwartz, A. Thakur, “A Survey of the Virtual Environments-based Assembly Training Applications”, *Virtual Manufacturing Workshop*, Turin, Italy, 2008
- [26] A. Fischini, G. Ababsa, M. Grasser, “Usability of Augmented Reality in Aeronautic Maintenance, Repair and Overhaul”, *Science Arts & Métiers (SAM)*, ICAT-EGVE 2018 International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2018
- [27] S. Utzig, R. Kaps, S.M. Azeem, A. Gerndt, “Augmented Reality for Remote Collaboration in Aircraft Maintenance Tasks,” *IEEE Aerospace Conference* 2019
- [28] I.F. Amo, J.A. Erkoyuncu, R. Roy, S. Wilding, “Augmented Reality in Maintenance: An information-centered design framework,” *Procedia Manufacturing*, Volume 19, 148-155, 2018
- [29] Intrado Research And Markets, “Global AR and VR Market in Aviation (2019-2025): Set to Register a CAGR of 61.2%, with Massive Opportunities in AI and ML Integration,” <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/12/17/1961393/0/en/Global-AR-and-VR-Market-in-Aviation-2019->

- [2025-Set-to-Register-a-CAGR-of-61-2-with-Massive-Opportunities-in-AI-and-ML-Integration.html](#) [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [30] Panasonic Avionics, “How Augmented Reality Can Change Airplane Maintenance and Piloting Forever,” <https://www.panasonic.aero/blog-post/how-augmented-reality-can-change-airplane-maintenance-and-piloting-forever/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [31] Uniting Aviation, “The future of MRO: emerging technologies in aircraft maintenance,” <https://www.unitingaviation.com/strategic-objective/capacity-efficiency/the-future-of-mro-emerging-technologies-in-aircraft-maintenance/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [32] Vuforia Engine, “Vuforia Model Targets Application in Aircraft Maintenance,” <https://engine.vuforia.com/case-studies/avatar-partners.html> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [33] Avionics International, “9 Companies Using Augmented and Virtual Reality in Aviation,” <https://www.aviationtoday.com/2017/08/24/9-companies-using-augmented-virtual-reality-aviation/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [34] AirFrance Endüstri, “An “augmented” training experience at AFI KLM E&M,” <https://www.afiklmem.com/en/press-release/2111-2019-training-experience> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020] [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [35] “Evolution Not Revolution,” The Journal of Civil Aviation Training, Volume, 31-34, 2019 <https://www.civilaviation.training/article/evolution-not-revolution-maintenance/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020]
- [36] “Virtual Reality Training Being Used to Cut Maintenance Time by 75%,” <https://vrvisiongroup.com/virtual-reality-training-being-used-to-cut-maintenance-time-by-75/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020]
- [37] “AETC Partners for Virtual Aircraft Maintenance Hangars,” <https://militarysimulation.training/air/aetc-partners-virtual-aircraft-maintenance-hangars/> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020]
- [38] G. Telli Yamamoto, N. Zümrüt, D. Altun, “İş Kazalarının Önlenmesinde Sanal Gerçeklik Teknolojisi İle Deneysel Öğrenme,” Maltepe Üniversitesi Uluslararası İşletme ve Pazarlama Kongresi, İstanbul 2018

Şekillerin Kaynakları

[Erişim Tarihleri: 10-Haziran-2020]

http-1:

<https://www.bilimseldunya.com/sanalgerceklik/>

http-2:

<https://ekonomi.haber7.com/ekonomi/haber/2840758-tskda-artirilmis-gerceklik-donemi>

http-3:

<https://arvrjourney.com/how-holomeeting-can-be-used-in-education-da2e17b88059>

http-4:

<https://www.teknoxo.com/mark-zuckerberg-facebookda-sanal-gerceklik-teknolojisi-icin-buyuk-adimlar-atiyor-2855>

http-5:

<https://www.autodesk.com.tr/redshift/yaratici-sanal-gerceklik/>

http-6:

• <https://www.webtekno.com/microsoft-un-artirilmis-gerceklik-destekli-teknik-yardim-uygulamasi-android-e-geldi-h66007.html>

http-7:

<https://www.assemblymag.com/articles/94979-the-reality-of-augmented-reality>

http-8:

<https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/hizmet/securitastan-sanal-gerceklik-teknolojisiyle-yanginsimulasyonu-egitimi/654300>

http-9:

<https://jasoren.com/augmented-reality-in-commercial-aviation/>

http-10:

<https://ssvar.ch/360worlds-windows-mixed-reality-tools-will-help-air-traffic-controllers-see-in-new-ways/>

http-11:

<https://www.defenceturk.net/bites-arttirilmis-gerceklik-ile-egitim-cozumlerini-defence-turke-anlati>

http-12:

<https://www.laserfocusworld.com/optics/article/16571512/basf-invests-44m-in-augmented-reality-startup-reflekt>

http-13:

<https://wmich.edu/extended/news>

http-14:

<https://engine.vuforia.com/case-studies/avatar-partners.html>

http-15:

<https://www.aviationtoday.com/2017/08/24/9-companies-using-augmented-virtual-reality-aviation/>

http-16:

<https://apkpure.com/rolls-royce-trent-xwb/com.rollsroyce.cle.apps.trentxwbar#com.rollsroyce.cle.apps.trentxwbar-1>

http-17:

<https://www.afiklmem.com/en/digitalization/virtual-reality-for-training>

http-18:

https://enduvo.com/wp-content/uploads/2019/08/CivilianAviationTraining_2019.pdf

http-19:

<https://defensesystems.com/articles/2018/06/21/af-augmented-reality-aircraftmaintenance.as>

http-20:

<https://defensesystems.com/articles/2018/06/21/af-augmented-realityaircraftmaintenance.aspx>

http-21:

<https://medium.com/holoworld/airbus-hololens-2-yaz%C4%B1%C4%B1m%C4%B1-satmak-i%C3%A7in-microsoftla-i%C5%9Fbirli%C4%9Ffine-gidiyor97de30e76be7>

Sportif Havacılık İçin Düşük Maliyetli, Kullanışlı Variometre Tasarımı ve Gerçekleştirimi

Emin Tugay KEKEÇ^{1*}, Mehmet KONAR², Fatma YILDIRIM DALKIRAN³

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık Anabilim Dalı, Türkiye

^{2,3} Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü, Türkiye

Özet

Dünyada sportif havacılığa olan ilginin her geçen gün artmasıyla birlikte gelişimi de devam etmektedir. Bu gelişim ile orantılı olarak branşların teknik ve mühendislik boyutu da ilerlemektedir. Sportif havacılıkta en çok tercih edilen, planör, delta kanat ve yamaç paraşütü branşlarıdır. Bu branşlar, akrobasi, hedef ve mesafe uçuşları gibi farklı disiplinleri içermektedir. Mesafe uçuşu olarak adlandırılan ileri seviye uçuşlarda, kilometrelerce uzaklara herhangi bir itki olmadan doğada bulunan taşıyıcı hava akımları ile seyrüsefer uçuşları gerçekleştirilmektedir. Mesafe uçuşlarında sportif havacılık pilotları bir takım elektronik donanım kullanmak zorundadırlar. Bunlardan en temel olanı variometre adı verilen, sesli ve görüntülü olarak pilota düşey ekseninde, hızını ve irtifasını anlık olarak ileten elektronik cihazdır.

Bu çalışmada sportif havacılıkta kullanılan variometrelerin tasarımı ve maliyetleri ele alınmıştır. Çalışmada ayrıca basit ve uygun maliyetli bir variometre tasarım ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Önerilen model, mesafe uçuşu yapan başlangıç ve orta seviye sportif havacılık pilotları için uygun görülmüştür. Çalışmada üretilen variometre, küçük boyutludur ve kullanım kolaylığı sunan bir arayüze sahiptir. Ayrıca bu model, dünyada sınırlı sayıda firmanın yüksek maliyetli olarak ürettiği ürünleri kullanan sportif havacılık pilotları için alternatif bir ürün olması beklenmektedir. Avantajları göz önüne alındığında önerilen modelin, sportif havacılık pilotları için alternatif ve cazip bir model olduğu açıkça görülmektedir. Bütün bu avantajlar ile bu çalışmanın sportif havacılık branşları için elektronik donanım üretmek isteyen kişilere bir rehber olması planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Variometre, Sportif Havacılık, Yamaç Paraşütü, Mesafe Uçuşu.

Realization of Low Cost Useful Variometer Application for Sportive Aviation

Abstract

With the increasing interest in sports aviation in the world, it continues to develop day by day. In line with this development, the technical and engineering aspects of the branches are also expanding. The most preferred branches in sportive aviation are glider, delta wing and paragliding. These branches contain different disciplines such as aerobatics,

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yüksek Lisans, Emin Tugay KEKEÇ, etugaykekec@gmail.com

Alıntı/Citation: Kekeç E.T., Konar M., Dalkıran F. (2020). Sportif Havacılık İçin Düşük Maliyetli, Kullanışlı Variometre Tasarımı ve Gerçekleştirimi J. Aviat. 4 (1), 79-88.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-1530-996X>; ² <https://orcid.org/0000-0002-9317-1196>; ³ <https://orcid.org/0000-0001-8663-241X>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.732148>

Geliş/Received: 5 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 4 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 22 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

destination and distance flights. In advanced flights, also known as distance flights, flights are carried out with carrier air currents in nature without any thrust force to kilometers away. In aviation flights, sportive aviation pilots must use some electronic equipment. The most basic of these is the electronic device, called variometer, that notifies the pilot the vertical axis speed and altitude instantly and visually.

In this study, the design and costs of variometers used in sportive aviation are tackle. In addition to study, a simple and cost-effective variometer design and production was also performed. In the designed model, it has been found suitable for the use of beginner and intermediate level sport aviation pilots flying distances. The variometer produced in the study has a small size and easy to use interface. In the meantime, this designed model is expected to be an alternative product for sportive aviation pilots using the products produced by a limited number of companies at high cost in the world. Considering its advantages, it is clearly seen that the model designed is an alternative and attractive model for sportive aviation pilots. With all these advantages, this study is planned to be a guide for people who want to produce electronic equipment for sportive aviation branches.

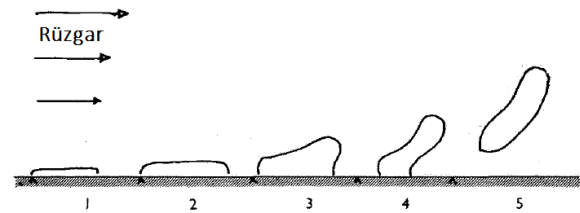
Keywords: : Variometer, Sportive Aviation, Paragliding, Distance Flight

1. Giriş

Havacılık son yüzyılda hızla gelişmekte ve daha güvenli hale gelmektedir. Bu gelişim sadece ticari havacılıkta değil aynı zamanda sportif havacılıkta da devam etmektedir. Yamaç paraşütü, delta kanat ve planörler, sportif havacılıkta en çok tercih edilen hava araçlarıdır. Maliyet ve kullanım kolaylığı açısından yamaç paraşütü, diğer hava araçlarına göre daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca yamaç paraşütü, sporculara doğada birçok noktada özgürce süzülme imkânı sağlamaktadır. Bu imkânların yanı sıra geçtiğimiz 10 yılda, yamaç paraşütünün farklı disiplinleri gelişmiştir. Mesafe uçuşları (Cross Country, XC), akrobasi uçuşları ve kayakla yapılan yüksek süratlere çıkılabilen Speed Flying, bu disiplinlerden başlıca olanlarıdır.

Yamaç paraşütü ve diğer sportif havacılık branşları için farklı uçuş disiplinlerinde yarışmalar düzenlenmektedir. Başlıca yamaç paraşütü yarışmaları; hedef iniş, mesafe uçuş ve akrobasi uçuş yarışmalarından meydana gelmektedir. Ülkemizde ve dünyada en çok tanınan ve katılım sağlanan yarışmalar mesafe uçuşlarının yapıldığı yarışmalardır. Yamaç paraşütü ve diğer sportif hava araçları pilotları; uzun süre havada süzülme, uzak mesafelere uçuş gerçekleştirmek ve mesafe uçuş yarışmaları için termal hava akımlarını kullanmak zorundadır. Sportif havacılıkta, termal hava akımları ve doğal taşıyıcıların tespiti için pilotlar bazı elektronik ekipmanlara ihtiyaç duymaktadır. Bu elektronik ekipmanlardan en temeli variometredir [1]. Pilotlar, bulunan termalin hava aracını ne kadar hızla yükselttiğini, sesli ve görüntülü olarak variometreler vasıtasıyla görebilmektedir. Sportif hava araçları ile hedeflenen mesafe uçuşlarının, genellikle güneş

ışınlarının yeryüzünü en çok ısıttığı saatlerde yapılması planlanmaktadır. Planlanan mesafe uçuşu için uçuş yapılacak bölge önceden belirlenir ve harita üzerinde uçuş rotası çizilir [2].



Şekil 1. Termal hava akımının oluşumu

Mesafe uçuşu esnasındaki termal hava akımları, Şekil 1'de gösterildiği gibi ısınan yeryüzünün, etrafını çevreleyen hava kütesinin ısınması ile oluşurlar. Isınan havanın yükselmesi ile kuşlar ve sportif hava araçları da irtifa kazanabilirler.

Termal hava akımlarının kuvvetleri (güçleri), havanın yoğunluğu ve basınç ile ilişkili olarak değişmektedir. Ayrıca termal hava akımları olduğu yeryüzü şekline bağlı olarak farklı güçlerde oluşmaktadır. Bulunan termal hava akımının merkezine (çekirdeğinde) yakın uçuş yapmak, hava aracının hızlı bir şekilde irtifa kazanmasına sebep olmaktadır [1-2]. Bu sayede tespit edilen termal hava akımı verimli bir şekilde kullanılabilir. Variometreler, termal hava akımının tespiti ve çekirdeğine yakın uçuş yapmak için kullanılmaktadır. Ayrıca uçuş esnasında da gerekli olan, irtifa, sıcaklık ve yoğunluk gibi birçok veriyi pilotlara iletmektedir.

Hava aracının geliştirilmesi üzerine birçok tasarım yapılmıştır. Bu tasarımlar aerodinamik, güç sistemi ve kullanılan ekipmanların geliştirilmesi üzerine yapılmıştır [3-6]. Hava araçları gibi sportif

havacılıktada ekipman geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır [7-9]. Sportif havacılıktaki kullanılan ekipmanlardan olan variometreler üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise Pescara et al. termal hava akımlarının kullanılması için giyilebilir teknoloji ile bir variometre tasarlamışlardır. Dikey hava hızındaki değişimleri tespit edebilen bu variometreler, bileklik şeklinde olup, titreşim ile pilota termal hava akımı hakkında bilgi vermektedir [7]. Kudlacák çalışmasında, yamaç paraşütü ve diğer sportif havacılık branşları için variometre tasarlamıştır. Bu variometre, GPS desteği ile anlık olarak uçuşların kayıtlarını tutmaktadır. Oluşturulan bu kayıtları ortak bir format ile bilgisayar ortamına aktarmaktadır [8]. Wirz et al., farklı bölgelerde uçuş yapan pilotlara cep telefonları aracılığı ile buldukları bölgeler hakkında uçuş bilgilerinin geldiği, gerçek zamanlı olarak termal aktivitenin tespit edildiği çalışma yapmışlardır. Alınan bilgiler ve bu termal aktiviteler sayesinde, ideal termal özelliklere sahip bölgelerin tespit edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen veriler, pilotlara uçuş süresini göstermektedir ve yüksekliklerini artırıp-azaltacağı bilgisini de vermektedir [9].

Yapılan bu çalışmada variometre tasarımı ve gerçekleştirimi yapılmıştır. Bu variometre, mesafe uçuş yarışmaları için yedek bir cihaz olarak pilotların kullanımı için önerilmektedir. Ayrıca termik uçuşları yapmak isteyen orta seviye (P3) pilotlar ve P4 seviyesinde mesafe uçuşuna yeni başlayan pilotların kullanımına da uygun bir cihazdır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde sportif havacılıktan ve sportif havacılıktaki kullanılan ekipmanlardan bahsedilmiştir. Gerçekleştirilen variometre uygulamasına, çalışmanın üçüncü bölümünde yer verilmiştir. Son bölümde ise sonuç ve tartışmalar sunulmuştur.

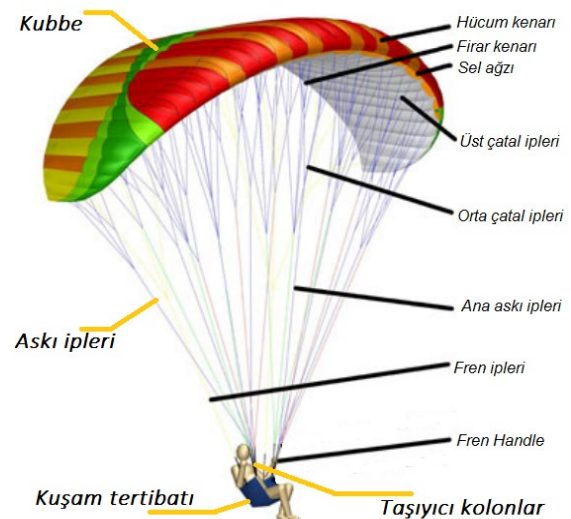
2. Sportif Havacılık ve Sportif Havacılıktaki Kullanılan Ekipmanlar

Sportif havacılığın temelleri, 1894 yılında Otto Lilienthal' in motorsuz bir planör kullanarak, ilk uçuş denemelerini yapması ile atılmıştır. Planörcülerin atası olarak bilinen Otto, 2000'e yakın yaptığı uçuş denemeleri ile yakın gelecekte ortaya çıkacak motorlu uçaklar için de önemlidir

Daha sonraki dönemde kurduğu fabrika ile bu ilkel planörleri satışa çıkarmıştır. Bu sayede sportif havacılığın gelişmesinde öncü olmuştur [1].

Sportif havacılık, içerisinde birçok farklı havacılık disiplini bulunmasına rağmen bunlardan en bilinen başlıca branşlar, planör, yelken kanat ve yamaç paraşütüdür. Ayrıca skydiving, sıcak hava balonları, ultralight uçaklar, mikrolightlar ve gyrocopterler de sportif havacılık branşları içerisinde yer almaktadır [3]. Dünyada ve ülkemizde son 10 yılda yoğun ilgi gören sportif havacılık, özellikle yamaç paraşütü üzerine düzenlenen etkinlik ve yarışmalar ile birçok kişinin bu alana yönelmesini sağlamıştır [10].

Serbest paraşütçüler tarafından keşfedilen yamaç paraşütü sporu, uçmanın en keyifli ve kolay yolu olarak tanımlanmaktadır. Çünkü diğer havacılık branşlarından farklı olarak uçuş için gerekli minimum ekipman ile kolaylıkla bütün yamaçlardan uçuş gerçekleştirmek mümkündür. Kısa bir eğitim ile uçmanın mümkün olduğu yamaç paraşütü, her geçen gün gelişmekte olan bir sportif havacılık branşıdır. Yamaç paraşütü temel olarak, Şekil 2'de gösterilen 4 bölümde incelenir. Bu bölümler kubbe, askı ipleri, taşıyıcı kolonlar ve kuşam tertibatıdır [11].



Şekil 2. Yamaç paraşütünün bölümleri

Gelişen teknoloji ile yamaç paraşütü ve diğer sportif havacılık disiplinleri de ilerlemiştir. Bu ilerleme ile hava araçlarının tasarımı ve üretilen materyal değişikliklerinin yanı sıra uçuşa yardımcı birçok yeni ekipman da üretilmiştir. Üretilen bu

ekipmanlar ile birlikte pilotlar son yıllarda akıllı telefonlara yüklenen uygulamalar ile uçuş bilgilerini anlık olarak alabilmekte ve kayıt edebilmektedir. Aynı zamanda pilotlar, barometre sensörüne sahip bazı akıllı telefon modelleri sayesinde, cep telefonlarını yüklenen uygulamalarla variometre gibi kullanılabilirler. Ancak mobil uygulamalar, telefonda yaşanan gecikmeler ve güneş ışığında ekran kararması gibi sorunlardan dolayı doğru sonuçlar alınamamıştır. Bu nedenle yarışma pilotları ve profesyonel termik uçuş yapan pilotlar, yardımcı uçuş ekipmanı olarak, variometre ve GPS sistemlerini kullanmaktadır. Şekil 3’de elektronik uçuş ekipmanları ile uçuş gerçekleştiren bir yamaç paraşütü pilotu gösterilmiştir [12].



Şekil 3. Yamaç paraşütü uçuş elektronikleri

2.1. Sportif Havacılık İçin Uçuş Bilgisayarı

Uçuş bilgisayarı, elektronik mürekkep teknolojisi ile geliştirilen daha çok profesyonel yarışma pilotları tarafından kullanılmaktadır. Elektronik mürekkep teknolojisi güneş ışığının çok fazla olduğu bölgelerde bile pilotlar tarafından oldukça yüksek görünürlük sağlamaktadır. Uçuş boyunca, uçuş bilgisayarı sayesinde, anlık olarak konum görülebilmekte, irtifa takip edilebilmekte aynı zamanda bir rota çizilerek uçuş planlaması yapılabilmektedir. Bu bilgilerin yanı sıra uçuşta yer hızı ve uçuş ile ilgili zaman bilgileri de ekranda görülebilmektedir. Bu avantajlarının yanında, dokunmatik ekranda yaşanan gecikmeler ve çevresel etkenlere karşı hassas olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır [12]. Şekil 4’de örnek bir uçuş bilgisayarı gösterilmiştir [13].

2.2. Variometre

Termik ve uzun mesafe uçuşlarının en temel ekipmanı variometrelerdir. Bütün uçuş boyunca variometreden alınan sesli ve görsel mesajlar ile pilotlar uçuş gerçekleştirmektedir. Farklı boyut, özellik ve fiyat aralığında variometreler

bulunmaktadır [7]. Variometreler, pilotlara anlık olarak irtifa, dikey hız, sıcaklık ve zaman bilgilerini vermektedir. Şekil 5’deki Volirium marka P1 model, örnek bir variometre olarak gösterilmiştir [12].



Şekil 4. Uçuş bilgisayarı



Şekil 5. Volirium P1 variometre

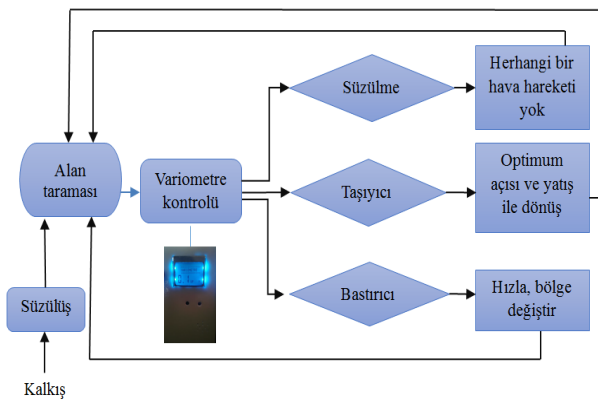
3. Variometre Tasarımının ve Uygulamasının Gerçekleştirilmesi

Sportif havacılık için farklı özelliklerde variometreler bulunmaktadır. Çalışmada tasarlanıp üretilen variometre için mevcut variometreler incelendikten sonra pilotların fikirleri de ele alınmıştır. Bu incelemeler sonucunda, variometreler ile ilgili bazı problemler gözlemlenmiştir. Bu problemlerden başlıca olanları, maliyetlerinin yüksek olması, uzun süreli kullanımlarda sistemde duraksamaların olması, bazılarının ekran büyüklüğü ve dış kasalarının zorlu şartlara dayanamamasıdır. Bu çalışmada tasarlanan ve üretilen variometre, özellikle maliyet olarak mevcut variometrelerin çok altındadır. Ayrıca hafif ve kullanışlı bir dış kasata sahiptir. Böylece toz ve darbe gibi zorlu şartlardan etkilenmediği gözlemlenmiştir. Variometre, sistemde yaşanan duraksamaları önlemek için minimum işlem basamakları ile programlanmıştır.

Gerçekleştirilen variometre, uçuş esnasında sensörlerden aldığı verileri, Şekil 6’da gösterilen işlem basamakları ile pilotlara iletmektedir [3]. Bu bildirim, buzzer ile sesli tonlamalar ile bildirildiği

gibi, pilotlara görsel olarak LCD ekran aracılığıyla da iletilmektedir. Tasarlanan variometre, uçuş esnasında süzülüşe geçildiğinde, otomatik olarak termal hava akımlarını aramaya başlar. Bu arama esnasında, herhangi bir bastırıcı veya kaldıracı hava akımına maruz kalmaz ise alan taramasına devam eder. Eğer bir taşıyıcı hava akımı ile karşılaşır, pilota hava aracının saniyede düşeyde yaptığı hız ile orantılı olacak tonlarda ses sinyali gönderir. Ayrıca LCD ekran üzerinde de düşeyde hava aracının yaptığı hızı, m/s cinsinden gösterir. Pilot variometreden aldığı sinyal eşliğinde termal hava akımının merkezine yakın dönüşler yaparak, termali kullanabilir. Böylece termal hava akımından pilot çıkana kadar variometre anlık olarak pilota yardımcı olur.

Variometre, alan taraması sırasında hava aracı, bastırıcı hava akımı ile karşılaşır, pilota farklı bir ses tonu ile uyarı verir. Aynı şekilde düşeyde yaptığı hız ile orantılı olarak, bu ses sinyali artar. Taşıyıcı hava akımında olduğu gibi bastırıcı hava akımlarında da LCD ekran üzerinde düşeyde yapılan aşağı yönlü hız, -m/s cinsinden pilota gösterilir. Pilot, bastırıcı hava akımının olduğu bölgelerden kaçınmak için hızla farklı bir bölgeye gitmelidir. Bastırıcı hava akımları sportif hava araçları için istenmeyen bir durumdur. Çünkü hava aracının irtifasını düşürerek acil bir iniş durumu yaşanabilir. Ayrıca bastırıcı hava akımları hava aracının aerodinamik yapısı için uygun değildir ve stall veya spin gibi istenmeyen acil durum manevraları oluşturabilir.

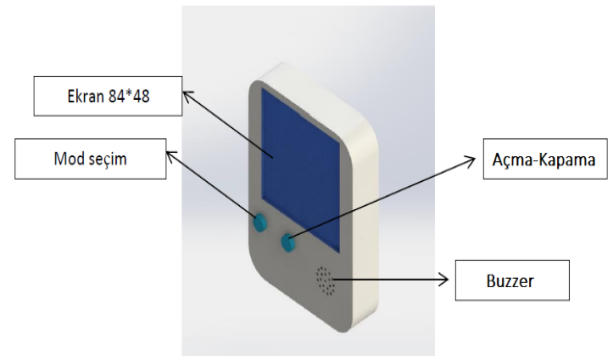


Şekil 6. Variometre'nin uçuş blok diyagramı

Bu çalışmada tasarlanıp, gerçekleştirilen variometre oldukça temel seviyede işlem basamaklarından oluşmaktadır. Yapılan uçuş denemelerinde gerçekleştirilen variometrenin

uçuşun her aşamasında kararlı bir şekilde ve duraksamadan çalıştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca temel ve az işlem basamaklarından oluştuğundan dolayı piyasada bulunan birçok kontrol kartı, bu variometrede kullanılabilir. Bu sayede düşük maliyetli kontrol kartları kullanılarak, toplam maliyet ciddi ölçüde azalmıştır. Gerçekleştirilen variometrenin boyutları, kullanıcılar için ideal ölçülerdedir.

Pilotların mevcut variometreler üzerinde yaşadığı bir diğer problem ise ara yüzlerinin karışık olması ile birlikte tuş sayısının fazla olmasıdır. Tasarlanan variometrede ekran, oldukça küçüktür ve iki adet tuş eklentisine sahiptir. Bu iki tuştan, sol tuş, irtifa, vario, basınç ve sıcaklık verileri arasında geçiş sağlamaktadır. Sağ tuş ise sistemin açma-kapama tuşudur. Şekil 7' de tasarlanan ve gerçekleştirilen variometrenin katı modeli ve bazı fonksiyonları gösterilmiştir.

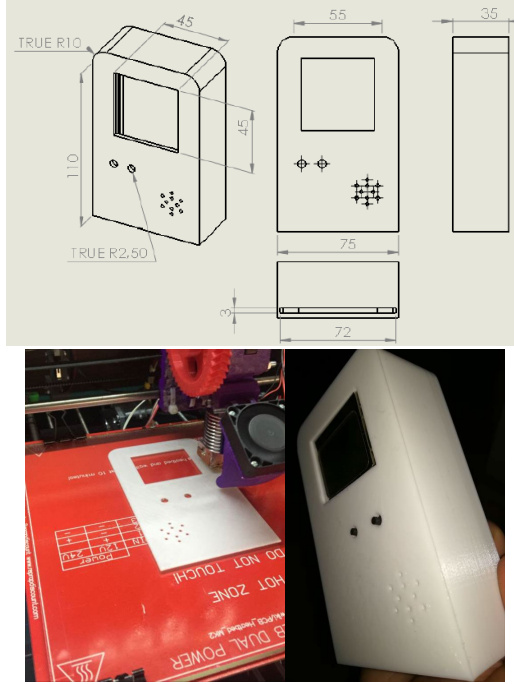


Şekil 7. Variometre katı modeli

Ayrıntılı olarak tasarlanmış dış kasa, 3 boyutlu yazıcı ile %20 doluluk oranı ile üretilmiştir ve Şekil 8' de de gösterilmiştir. Üretilen dış kasası ile variometrenin, darbe, tozlu ortam ve düşmelere karşı dayanıklılığı artırılmıştır. Ayrıca doluluk oranı düşük olduğu için variometre, hafif ve daha kullanışlı bir yapı kazanmıştır.

Çalışmada kullanılan elektronik ekipmanlar seçilirken fiyat ve performans oranına dikkat edilerek, seçim yapılmıştır. Bu seçimler için üretici firmaların katalogları incelenmiştir. Aynı zamanda bu cihazlarla uğraşan kişilerin yorumları göz önünde tutulmuştur. Bu nedenle gerçekleştirilen variometrenin zorlu hava şartlarında uçuşu esnasında herhangi bir problem yaşamamasının önüne geçilmiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen variometrede kullanılan ekipmanlar için yapılan fiyat araştırması, Tablo 1’ de sunulmuştur. Bu tabloya göre toplam maliyet en alt satırda belirtilmiştir. Toplam maliyeti artıran en temel ekipmanlar, ekran ve kontrol kartıdır.



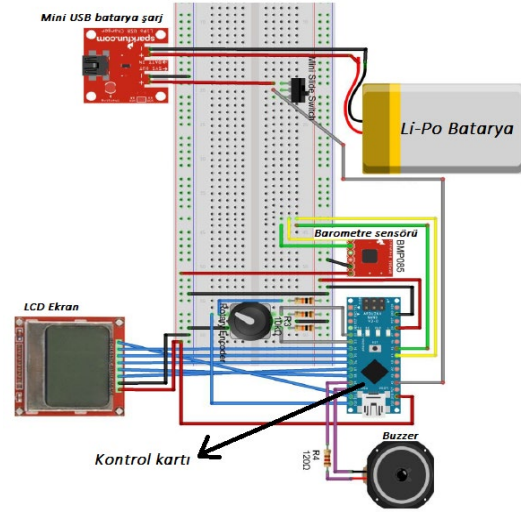
Şekil 8. Dış kasa tasarım ve üretimi

Tablo 1. Araçların hızları ve kapasiteleri

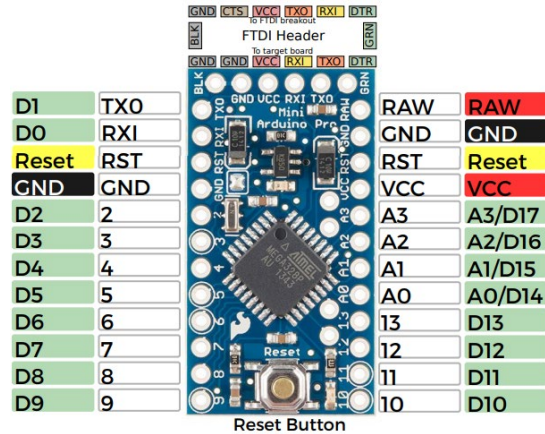
Ekipman	Özellikler	Maliyet
Kontrol kartı	Arduino ProMini-Atmega328	15,91
LCD ekran	Nokia 5110-84x48 Grafik	18,61
Barometre	BMP 180 basınç sensörü	8,38
Batarya	Li-Po 3.7v 100mah	9,68
Buzzer	12V 22mm	3,82
Şarj Modülü	TP4056-7 V -1S	2,77
Tuş	Arduino Switch	1,28
	Toplam Maliyet (TL)	60,45

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen variometrenin elektronik devre şeması, Şekil 9’da yer almaktadır. Elektronik devrede, uygun maliyeti ve işlem yeteneğinden dolayı kontrol kartı olarak, Arduino ProMini kullanılmıştır. Arduino ProMini, 36 mm x 18 mm ölçülerinde ve Atmega328 mikro denetleyici temelli bir kontrol kartıdır. Şekil 10’da

da gösterilen bu kart, 14 adet dijital giriş ve çıkış pini ile birlikte 6 adet analog giriş pinine sahiptir. Ayrıca bu kart oldukça kullanışlıdır ve küçük boyuta sahiptir [8].



Şekil 9. Variometrenin elektronik devresi ve bağlantı şeması



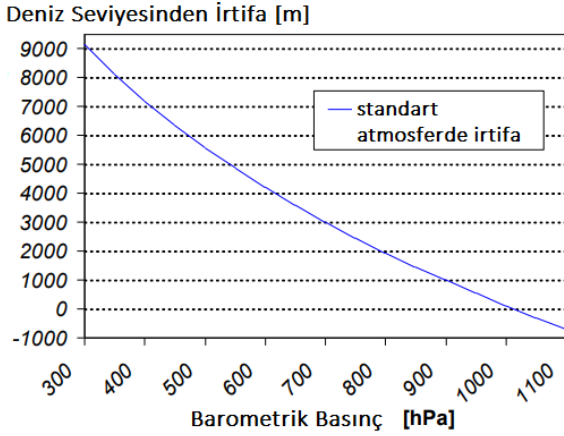
Şekil 10. Arduino ProMini Pin şeması

Gerçekleştirilen variometre için barometrik basınç sensörü olarak, Bosch firması tarafından üretilen BMP 180 seçilmiştir. Bu seçim, fiyat ve performans düşünülerek belirlenmiştir. Şekil 11’de gösterilen BMP180 barometrik basınç sensörü, anlık olarak açık hava basıncı ve sıcaklık ölçümü için kullanılmıştır. Uluslararası barometrik eşitlik ile irtifa hesaplanabilmektedir. Eşitlik-1’de variometre için anlık irtifa formülasyonu verilmiştir [14].

$$\text{irtifa} = 44330 * \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5,255}}\right) \quad (1)$$

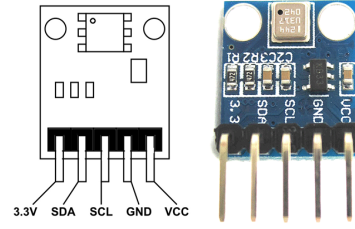
Burada p , ölçülen açık hava basıncını, p_0 ise deniz seviyesindeki açık hava basıncını temsil

etmektedir. Eşitlik-1'e göre 1hPa'lık basınç değişikliği, 8.43 m'ye karşılık gelmektedir. Barometrik basınç değişimi ile deniz seviyesinde gerçekleşen irtifa değişikliğine ait grafik, Şekil 11'de verilmiştir [14]. Bu çalışma için açık hava basıncının doğru değerlendirilmesi önemlidir. Bu yüzden gerçekleştirimde BMP 180 barometrik basınç sensörü, dış kasa içerisine hava akımlarından etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 11. Deniz seviyesinden irtifa -barometrik basınç değişim grafiği

-500 metreden 9000 metreye kadar irtifa bilgisi verebilen BMP 180 barometrik basınç sensörü 25cm çözünürlüğe sahiptir. Çözünürlük değeri, sensörün hassasiyetini vermektedir. Bu çalışmada maliyet göz önünde bulundurulduğu için MS5611 gibi 10cm hassasiyete sahip sensörler tercih edilmemiştir. Sportif hava araçları için üretilen variometreler santimetre birimi ile ölçümü göstermezler, bu nedenle üretilen variometre için 25cm hassasiyet yeterli düzeydedir. Sensörün daha çok metre cinsinden yaşanacak irtifa değişimlerine duyarlı olması yeterlidir. BMP 180 barometrik basınç sensörü 300hPa ve 1100hPa arasındaki basınç değerini ölçebilmektedir ve Şekil 12' de gösterilen 5 adet pine sahiptir. Tablo 2' de BMP 180 barometrik basınç sensörünün pin yapısı ve pin fonksiyonları gösterilmiştir. 14x12mm boyutlarında bulunan barometrik basınç sensörü 3.3 V giriş gerilimine sahiptir [14].



Şekil 12. BMP 180 barometrik basınç sensörü ve pin yapısı

BMP180 hem basıncı hem de sıcaklığı ölçer, çünkü sıcaklık gazların yoğunluğunu değiştirir. Daha yüksek sıcaklıklarda, az yoğun ve hafiftir, bu nedenle sensöre daha az basınç uygular. Düşük sıcaklıklarda hava daha yoğundur ve daha ağırdır, bu nedenle sensör üzerinde daha fazla basınç uygular. BMP 180, hava yoğunluğundaki değişiklikleri telafi etmek için anlık sıcaklık değerini ölçer ve barometrik basınç için bu verileri kullanır.

Tablo 2. BMP 180 pinleri ve pin fonksiyonları

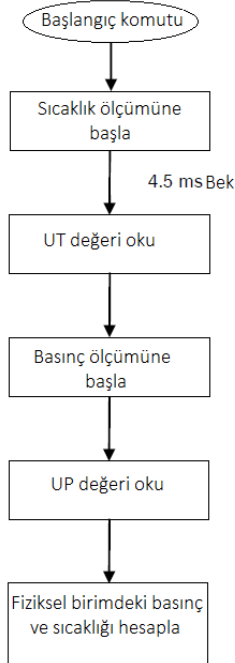
BMP180 Pinleri	Pin Fonksiyonu
DA (SDA)	I ² C data
CL (SCL)	I ² C clock
- (GND)	Toprak
+ (VDD)	3.3V güç
IO (VDDIO)	I/O voltaj

BMP180, kalibre edilmemiş sıcaklık (uncompensated temperature, UT) değeri ve kalibre edilmemiş basınç (uncompensated pressure, UP) değeri üretmektedir. Önce sıcaklık ölçümü, ardından bir basınç ölçümü yapmaktadır. Şekil 13'de verilen akış şeması BMP 180 barometrik basınç sensörü için anlık ölçümü özetlemektedir [15].

BMP180 içerisinde, her bir sensöre özgü 11 farklı kalibrasyon katsayısı içeren 176 bit EEPROM mevcuttur. UP ve UT ile birlikte bunlar, gerçek barometrik basıncı ve sıcaklığı hesaplamak için kullanılmaktadır. Gerçek basınç ve sıcaklık, oldukça karmaşık algoritmalar kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu algoritmalar, Tablo 3'de gösterilmiştir [15].

Gerçekleştirilen variometrede BMP 180 barometrik basınç sensörü ile irtifa, basınç ve

sıcaklık verilerinin alınmasından sonra, LCD ekran denemeleri yapılmıştır. Çalışmada fiyat performans olarak ideal bulunan Nokia 5110 84x48 Grafik LCD ekran kullanılmıştır. Ekran modülünün ölçüleri Şekil 14’ de gösterilmiştir. Bu ekran modülünün boyutunun küçük olması, yapılan tasarım için uygun bulunmuştur. Çünkü zorlu şartlar altında kullanılacak variometre için daha büyük bir ekran modülünün kullanılması durumunda, variometrenin alacağı ilk darbe anında ekranda kırım yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Nokia 5110 ekran modülü içerisinde, Philips PCD8544 sürücüsü yer almaktadır [16]. Bu ekran, kontrol kartından alınan irtifa, sıcaklık ve dikey hız verilerini pilota göstermek için kullanılmıştır



Şekil 13. BMP 180 anlık ölçüm iş akış şeması

Tablo 3. Gerçek barometrik basınç ve gerçek sıcaklık hesaplama algoritmaları

Gerçek Barometrik Basınç Hesaplaması	Gerçek Sıcaklık Hesaplaması
$B6=B5-4000$	$X1=(UT-AC6)*AC5/2^{15}$
$X1=(B2*(B6^2/2^{12}))/2^{11}$	$X2=MC*2^{11}/(X1+MD)$
$X2=AC2*B6/2^{11}$	$B5=X1+X2$
$X3=X1+X2$	$T(B5+8)/2^4$
$B3=(((AC1*4+X3)<<oss)+2)/4$	
$X1=AC3*B6/2^{13}$	
$X2=(B1*(B6*B6/2^{12}))/2^{16}$	
$X3=((X1+X2)+2)/2^2$	

$$B4=AC4*(\text{unsigned long})(X3+32768) / 2^{15}$$

$$B7=((\text{unsigned long})UP-B3)*(50000>>oss)$$

$$\text{if}(B7 < 0x8*10^7 \{p=(B7*2)/B4\}$$

$$\text{else } \{p=(B7/B4)*2\}$$

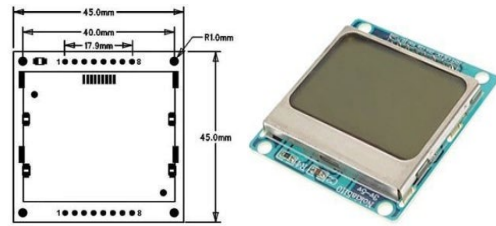
$$X1=(p/2^8)*(p/2^8)$$

$$X1=(X1*3038)/2^{16}$$

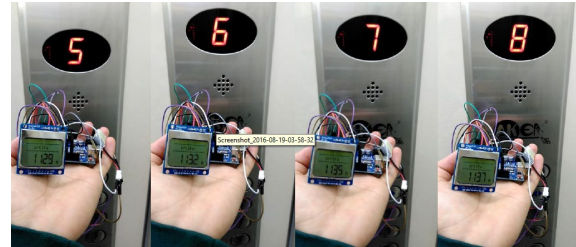
$$X2=(-7357*p)/2^{16}$$

$$p=p+(X1+X23791)/2^4$$

BMP 180 barometrik basınç sensörü ile Nokia 5110 LCD ekranın uyum içerisinde çalışması önemlidir. Çünkü variometredeki irtifa değişiminin LCD ekranda gözlemlenmesi gerekmektedir. İrtifa değişiminin gözlemlenmesi için pratik bir yöntem uygulanmıştır. Uygulama için asansörde test edilen devre, Şekil 15’ de verilmiştir. Şekilde asansördeki kat değişimlerinin irtifadaki anlık değişime etkisi açıkça gösterilmiştir.



Şekil 14. Nokia 5110 ekran modülü



Şekil 15. Asansörde devrenin ilk çalışması

Çalışma kapsamında LCD ekran modülünün ve BMP180 barometrik basınç sensörünün testleri başarıyla sonuçlanmıştır. Bu çalışmada amaçlanan variometre için boyutu ve fiyatı nedeniyle tercih edilen Arduino ProMini kontrol kartı ile Şekil 9’da gösterilen elektronik devre kurulmuştur. Kurulum için delikli bakır plaket üzerinde lehimlemeler yapılmıştır. Daha sonra Arduino IDE yazılımı ile programlanan kontrol kartı ve devre, Şekil 16’ da gösterildiği gibi dış kasa içerisine sabitlenerek, yerleştirilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi BMP 180 barometrik basınç sensörü dış kasa içerisinde

dış etkenlere maruz kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 16. Elektronik ekipmanların dış kasa içerisine yerleştirilmesi

Şekil 17’de devrenin çalışmasının ve ekran testinin gerçekleştirildiği görüntü yer almaktadır. Şekilde ekran modülünün anlık olarak basınç, irtifa, sıcaklık ve düşey eksende yapılan hız gösterilmektedir. Ayrıca testte gerçekleştirilen variometrenin sesli olarak sinyal verdiği de tespit edilmiştir. Şekil 17’deki gerçekleştirilen variometrenin sağ kısımdaki gösteriminde arka plan aydınlatma ışığı, açık ve sol kısımdaki gösteriminde arka plan aydınlatması kapalıdır.



Şekil 17. Variometre'nin çalışma görüntüleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada sportif havacılık branşlarından, mesafe ve termik uçuş disiplinleri için gerekli olan düşük maliyetli bir variometre tasarımı ve gerçekleştirimi yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu variometre sayesinde mesafe uçuşu yapan başlangıç ve orta seviye sportif havacılık pilotları için ara yüzü ve kullanımı oldukça basit ve uygun maliyetli bir ürün ortaya çıkmıştır. Ayrıca tasarlanan variometre ile başta ülkemizdeki sportif havacılık pilotları olmak üzere bütün dünyadaki sportif havacılık pilotları için düşük maliyetli ve kullanımı daha kolay variometrelerin yapılabileceği gösterilmiştir.

Dünyada oldukça büyük bir pazara sahip olan sportif havacılık ekipmanlarının, her geçen gün daha fazla kişiye hitap ettiği düşünülmektedir. Bu nedenle daha kullanışlı bir variometre tasarımı, diğer sportif havacılık ekipmanları için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma ülkemizde yeni gelişen, sportif havacılık ekipman üretimi için bir kilometre taşı olması öngörülmüştür. Böylece sportif havacılık üzerine yapılacak yeni çalışmalara ışık tutacağı düşünülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından, 2017 / 2 döneminde 1139B411700311 numaralı, 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destekleme Programı neticesinde verilen destekten dolayı teşekkür ederiz.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] Forster, G. H., 1955. "Thermal air currents and their use in bird-flight". Brit. Birds, 48, 241-253.
- [2] Becker, S., 2017. Experimental Study of Paraglider Aerodynamics. Master of Science Thesis, Imperial College London.
- [3] Kekeç, E. T., Konar, M., Oktay, T., 2019. "Termal hava akımlarının sabit kanatlı hava araçlarının uçuş süresi ve menziline etkisinin incelenmesi", Uluslararası Bilim, Teknoloji Ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu, Ankara, 476-481.
- [4] Konar M., 2020, "Simultaneous determination of maximum acceleration and endurance of morphing UAV with ABC algorithm-based model", Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 92 (1), 579-586.
- [5] Şahin, H., Oktay, T., Konar, M., 2020. "Anfis Based Thrust Estimation of a Small Rotary Wing Drone". Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (18), 738-742.

- [6] Çoban, S., 2020. "Autonomous performance maximization of research-based hybrid unmanned aerial vehicle". Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 92(4), 645-651
- [7] Pescara, E., Beigl, M., Gräser, J., 2017. "Introducing a spatiotemporal tactile variometer to leverage thermal updrafts". In Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers, 1038-1042.
- [8] Kudlacák, F., 2012. "Variometer with GPS logger". Information Sciences and Technologies Bulletin of the ACM Slovakia, 47.
- [9] Wirz, M., Strohrmann, C., Patscheider, R., Hilti, F., Gahr, B., Hess, F., ... & Tröster, G., 2011. "Real-time detection and recommendation of thermal spots by sensing collective behaviors in paragliding". In Proceedings of 1st international symposium on from digital footprints to social and community intelligence ,7-12.
- [10] Keskin, G., Durmuş, S., Karakaya, M., Teoman, A., Kuşhan, M. C., 2019. Motorsuz Uçuş Prensipleri: Planör. Engineer & the Machinery Magazine, 60 (695).
- [11] APPI., APPI Pilot Manual, <https://paraglajdingsavez.me/wp-content/uploads/2019/02/APPI-Pilot-Manual-1.2.pdf>, [Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2020]
- [12] Clark, P., Volirium P1 Vario Review, <https://flybubble.com/blog/volirium-p1-vario-review-first-impressions-phil-clark>, [Erişim Tarihi: 30 Nisan 2020]
- [13] Flybubble., Flight Instruments For Mapping, <https://flybubble.com/blog/flight-instruments-for-mapping>, [Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2020]
- [14] Kızıl, Ü., Aksu, S., 2019, "Design of an Arduino based digital psychrometric device", 1st Int. Congress on Biosystems Engineering 2019, 24 (1-8), 2667-7733.
- [15] Duran, M., BMP180 basınç sensörü kullanımı, <https://www.projehocam.com/bmp180-basinc-sensuru-kullanimi/>, [Erişim Tarihi: 30 Nisan 2020]
- [16] Samant, S., Babababu, S., 2014. "Portable Oscilloscope using Programmable System on Chip and Nokia 5110 Graphics LCD". International Journal of Computer Applications, 106 (3).

Sivil Havacılık Sektöründe Uçuş Güvenlik Görevlisi Uygulamaları Üzerine Kavramsal Bir Araştırma

Ramazan ÇOBAN^{1*} , Sultan İPEK² 

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

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Hikmet Tolunay Meslek Yüksekokulu, Burdur

Özet

Dünya çapında giderek büyüyen havacılık sektöründe gerçekleştirilen herhangi yasa dışı bir eylem masum insanların hayatını kaybetmesine, ciddi maddi kayıplara ve hem havayolu işletmelerinin hem de uçakların tescilli olduğu ülkelerin imajının zedelenmesine neden olmaktadır. Havacılık güvenliğinin sağlanması amacıyla, havaalanlarında uçuş öncesinden başlayıp ve uçuş sonrası süreci de içine alan birçok önleyici uygulama ve kontrol bulunmaktadır. Uçuş ekibi, yolcular ve uçağın güvenliğini tehlikeye düşüren olaylara karşı alınan önlemlerden biri, uçuş sırasında güvenlik görevlisi bulundurmaktır. Uçuş güvenlik görevlisi uygulaması, bazı ülkelerde havacılık güvenliğinin sağlanması için uzun süredir yürürlükte olmasına rağmen, Türk sivil havacılığının gündeminde olan yeni bir uygulamadır. Bu nedenle, uçuş güvenlik görevlisi kavramı ile ilgili Türkçe literatürün oluşumuna katkı sağlamak amacıyla bu çalışmanın yapılması hedeflenmiştir. Bu araştırmanın amacı, uçuş güvenlik görevlisinin görevleri, tarihçesi, dünya çapındaki uygulama şekilleri, yasal düzenlemeleri ve bu uygulamanın Türkiye'deki son durumunu kavramsal olarak incelemektir. Araştırmada veri toplamak amacıyla döküman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda uçuş güvenlik görevlisi uygulamaları ile ilgili literatür kapsamlı olarak incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre, havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlilerinin 1960'ların başından itibaren başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere birçok ülkede kullanıldığı görülmüştür. Türkiye'de ise uçuş güvenlik görevlisi uygulamasının 2020 yılı içinde yürürlüğe gireceği öngörülmektedir. Bununla birlikte uçuş güvenlik görevlisinin görevleri, uçuş sırasında silah kullanma yetkileri ve uygulamanın havayolu işletmelerine maliyeti gibi konularda tartışmaların olduğu görülmüştür. Araştırmanın havacılık güvenliği ile ilgili literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uçuş Güvenlik Görevlisi, Hava Polisi, Havacılık Güvenliği, Havacılık

Conceptual Research on In Flight Security Officer Practices in Civil Aviation

Abstract

Any illegal action carried out in the ever-growing aviation industry worldwide leads to death of innocent people, serious material losses and the image of both airline companies and countries where aircraft are registered. In order to ensure aviation security, there are many preventive practices and controls at airports, including pre-flight and post-flight processes. One of the measures taken against the events that endanger the security of the flight crew, passengers and aircraft is to have a security officer during the flight. Practice of in flight security officer is a new practice on the agenda

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

Alıntı/Citation: Çoban R. İpek S. (2020). Sivil havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlisi uygulamaları üzerine kavramsal bir araştırma J. Aviat. 4 (1), 89-102.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-4505-0437>; ² <https://orcid.org/0000-0002-8715-8593>;

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.731012>

Geliş/Received: 4 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 20 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 22 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

of Turkish civil aviation, although it has been in force for aviation security in some countries. For this reason, it is aimed to carry out this study in order to contribute to the formation of the Turkish literature on the concept of in flight security officer. The purpose of this research is to examine duties, history, practice ways worldwide, legislation of in flight security officers and the recent situation of this practice in Turkey conceptually. Document analysis method was used to collect data in the research. In this context, the literature on in flight security officer practices has been extensively studied. According to research results, it has been observed that in flight security officers in the aviation industry have been used in many countries, especially in United States of America, since the early 1960s. In Turkey, the practice of in flight security officer are expected to enter into force in 2020. However, it has been seen that there are discussions about the duties of in flight security officer, authority of using weapons during the flight and the cost of the practice to the airline companies. The research is thought to contribute to the literature on aviation security.

Keywords: In Flight Security Officer, Air Marshal, Aviation Security, Aviation

1. Giriş

Günümüzde, küreselleşme ve teknolojiye yaşanan çarpıcı ve hızlı değişimler nedeniyle insanlar, işletmeler ve ülkeler arasında yaşanan ilişkiler giderek yoğunlaşmakta ve bu yoğunluk her geçen gün yeni boyutlara taşınmaktadır. Tanık olunan bu değişimler, tüm sektörleri etkilediği gibi hava aracı teknolojileri ve havayolu işletmelerini de etkileyerek ticari havayolu taşımacılığının ulaşım sektörü içindeki payını arttırmış ve sektör hızlı bir büyüme içine girmiştir [1].

Eski zamanların coğrafi açıdan büyük dünyası, küreselleşme ile birlikte günümüzde daha ulaşılabilir bir dünya haline gelmiştir. Mesafelerin kısaldığı bu küresel ortamda sivil havacılık sektörü insanların hızlı, ekonomik, emniyetli ve güvenilir bir şekilde seyahat etmesini sağladığı için, ulaşım sektörünün vazgeçilmez ve önemli bir parçası haline gelmiştir. Kara, deniz ve demir yolları ile karşılaştırıldığında hava yolları, uzun mesafeleri daha kısa sürede kat edebilme özelliği nedeniyle yolculara büyük avantaj sağlamaktadır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü verilerine [2] göre tüm dünyada tarifeli yolcu taşımacılığı, 2018 yılında %7,3 ve 2019 yılında %4,2 oranında büyümüştür. 2018 yılına göre, 2019 yılı kapasitesi (arzedilen koltuk sayısı) %3,4 artmış ve yolcu doluluk oranı 0,7 puan artarak %82,6 ile rekor bir seviyeye çıkmıştır. Havayolu yolcu trafiği yavaşlayan ekonomi, zayıf küresel ticaret, siyasi ve jeopolitik gerginlikler, Boeing 737 MAX uçuşlarının durdurulması, grevler ve Brexit belirsizliği gibi zorluklara rağmen 2019 yılında da büyümesini sürdürmüştür.

Sürekli olarak kamuoyunun odağında olan havacılık sektöründe gerçekleştirilen herhangi yasa dışı bir eylem; masum insanların hayatını

kaybetmesine, ciddi maddi kayıplara ve hem havayolu işletmelerinin hem de uçakların tescilli olduğu ülkelerin imajının zedelenmesine neden olmaktadır. Bu durum, havacılık sektörünü gelişmeye başladığı 1930'lu yıllardan itibaren terörist eylemler için cazip bir sektör haline getirmiştir. Nitekim yakın geçmişte 11 Eylül 2001 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nin New York şehrinde Dünya Ticaret Merkezine ticari uçaklarla yapılan terörist saldırı, 3000'e yakın can kaybına ve 27,2 milyar dolar maddi zarara neden olmuştur [3].

Terör saldırıları, sadece havacılık sektörünü değil aynı zamanda tüm dünyada insanların günlük olarak yoğun şekilde kullandığı diğer ulaşım ağlarını da hedef alarak kamuoyunda ciddi etki ve kayıplar yaratmaya çalışmaktadır. 2004 yılında Madrid banliyö trenine yapılan bombalı saldırı, 191 kişinin hayatını kaybetmesine, 1755 kişinin yaralanmasına ve 237,4 milyon dolar maddi hasara sebep olmuştur [3]. 2005 yılında Londra'da metro ve otobüs hatlarına yapılan bombalı saldırı ise 52 can kaybına, yaklaşık 700 kişinin yaralanmasına ve 2,46 milyar dolar maddi hasara neden olmuştur [4]. Dolayısıyla, günümüzde hem ulaşım sektöründe hem de havacılık sektöründe güvenlik kavramı çok önemli bir olgu olarak ortaya çıkmaktadır.

Doğası gereği belirli kurallar çerçevesinde faaliyetlerini yürütmesi gereken havacılık sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanmasında güvenlik, önemli bir olgudur. Gerede'ye [5] göre havacılık sektöründe güvenlik (security) kavramı, sabotaj ve terörist saldırılar gibi suç unsuru taşıyan ve zarar verme kastıyla yapılan eylemlere karşı insanların, sivil havacılık sistemindeki alt yapının

ve hava araçlarının korunmasıyla ilgili faaliyetleri kapsar. Havacılık literatüründe kasıtlı ve yasa dışı yapılan eylemler güvenlik kavramı kapsamında değerlendirilir.

Geniş bir bakış açısıyla bakıldığında, havacılık güvenliği yolcuların rahat, hızlı ve sorun yaşamadan seyahat etmesini amaçlayan bir hizmet olma özelliği taşımaktadır. Bu nedenle havacılık güvenliğinin sağlanması kapsamında uygulanan yasal kurallar ve sınırlamalar, sivil havacılık sektöründe hizmetlerin etkinliğini arttırmaya yönelik çabalar bütününe vazgeçilmez bileşenlerini oluşturmaktadır [6]. Havacılık güvenliğinin sağlanması amacıyla, havaalanlarında uçuş öncesinden başlayıp ve uçuş sonrası süreci de içine alan birçok önleyici uygulama ve kontrol bulunmaktadır. Havacılık güvenliği ile ilgili uygulamalardan biri de, özellikle 1960'lı yıllardan itibaren havacılık sektörüne yönelik yasa dışı eylemlere karşı ilk olarak ABD'de uygulanmaya konulan ve son yıllarda Türkiye'de gündemde olan uçuş güvenlik görevlisi (**in flight security officer**) uygulamasıdır. Uçuş güvenlik görevlisi kavramı, İngilizce literatürde "**air marshal** ve **sky marshal**" kavramları ile de ifade edilmektedir [7]. Uçuş güvenlik görevlisi kavramının Türkçe literatürde ise "**hava polisi**" olarak da ifade edildiği görülmektedir. Bu çalışmada, söz konusu kavramı tanımlamak için "uçuş güvenlik görevlisi" ifadesinin kullanılması benimsenmiştir.

Uçuş güvenlik görevlisi uygulaması, yaklaşık altmış yıldır dünyanın bazı ülkelerinde havacılık güvenliğinin sağlanması için yürürlükte olan bir uygulamadır ve 11 Eylül 2001 hava saldırılarının ardından önemi daha da artmıştır. Bu nedenle İngilizce literatürde uçuş güvenlik görevlisi kavramı ile ilgili çalışmaları görmek mümkündür. Ancak, uçuş güvenlik görevlisi kavramı ve uygulaması Türk sivil havacılığı için yeni bir uygulama olup yakın gelecekte uygulamanın Türkiye'de yürürlüğe gireceği düşünülmektedir. Bundan dolayı, uçuş güvenlik görevlisi kavramı ile ilgili Türkçe literatürün oluşumuna katkı sağlamak amacıyla bu çalışmanın yapılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda bu araştırmanın amacı, uçuş güvenlik görevlisi kavramının tanımı, görevleri, tarihçesi, dünya çapındaki uygulama şekilleri, yasal düzenlemeleri ve bu uygulamanın Türkiye'deki son durumunu kavramsal olarak incelemektir.

Araştırmada veri toplamak amacıyla "döküman incelemesi" yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda uçuş güvenlik görevlisi uygulamaları ile ilgili literatür kapsamlı olarak incelenmiştir. Çalışmanın sivil havacılık güvenliği ile ilgili literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Uçuş Güvenlik Görevlisi Kavramının Tanımı ve Görevleri

ABD Ulaştırma Güvenliği Yönetimi (Transportation Security Administration-TSA)'nin tanımına göre uçuş güvenlik görevlisi, ticari sivil havacılık sektöründe yolcuları ve uçuş ekibini yasa dışı eylem, suç ve terörist faaliyetlere karşı korumak amacıyla dünya çapında ticari uçuşlarda görevlendirilen silahlı kolluk kuvvetleridir. Uçuş güvenlik görevlileri havacılık sektörüne yönelik terörizmle proaktif bir şekilde mücadele etmek amacıyla araştırmaya yönelik çoklu görev kuvvetlerinde çalışabilir [7].

Hem Avrupa Birliği hem de Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization-ICAO) uçuş güvenlik görevlisi kavramının tanımını, devletlerin yetkilerine belirli sınırlamalar getirerek yapmıştır. Avrupa Birliğinin tanımına göre uçuş güvenlik görevlisi, havayolu taşımacılığı lisansına sahip bir uçağı ve yolcularını, uçuş güvenliğini tehlikeye atan yasa dışı eylemlere karşı korumak amacıyla bir devlet tarafından istihdam edilen ve uçuş esnasında uçağın içinde seyahat eden görevli olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama, uçuş güvenlik görevlisi uygulaması ve istihdamının devlet kontrolünde olduğunu göstermekte ve havayolu işletmelerinin özel uçuş güvenlik görevlisi uygulamalarından faydalanmasını kabul etmemektedir. ICAO'nun daha geniş kapsamlı tanımına göre, uçuş güvenlik görevlisi havayolu işletmesinin ve uçağın kayıtlı olduğu devlet tarafından uçak ve içindekileri yasa dışı müdahalelere karşı korumak amacıyla görevlendirilmiş ve yetkilendirilmiş güvenlik görevlisidir. Bununla birlikte güvenlik görevlisi, uçağın kayıtlı olduğu ülke için eğitilmeli ve yetkilendirilmelidir. Devletlerin kendi güvenlik görevlilerini başka ülkelere kayıtlı uçaklarda görevlendirmesi önlenmelidir [8].

Uçuş güvenlik görevlisi ile ilgili uygulamaların öncü ülkesi olan ABD'deki uygulamalara göre, uçuş güvenlik görevlisi olabilmek için lise mezunu olmak ve bu alanda askerlik ya da polislik

kariyerinde geçmiş belirli bir tecrübeye sahip olmak yeterlidir. Bununla birlikte, hukuk ve ceza adaleti alanında lisans sahibi olmak bu kariyer için tercih sebebidir [9]. Uçuş güvenlik görevlisi, sıra dışı çalışma ortamlarında meydana gelebilecek zorluklarla mücadele edebilmek için öncelikle temel eğitim ve sonrasında yıllık olarak belirli sürelerle tazeleme eğitimleri almaktadır. Bu eğitimler sonucunda ateşli silahları doğru ve etkin kullanım konusunda yüksek standartlar kazanır. Sık sık seyahat etmeye alışkın olması gereken uçuş güvenlik görevlisinin, 30 bin feet irtifada, dar alanda ve uyanık kalarak uçuş sırasında meydana gelebilecek çok çeşitli suç ve eylemlere karşı tepki vermek için hazır bulunması gerekir. Uçuş güvenlik görevlisi, güvenlik sisteminin bir parçası ve son halkası olarak hem havaalanları hem de uçak içinde hizmet eder. Havacılık güvenliğine zarar verme niyetinde olan yasa dışı kişilerin caydırılması, engellenmesi ve seyahat eden yolcular, uçuş ekibi ve uçağın güvenliğinin sağlanmasından sorumlu profesyonel çalışanlardır. Uçuş esnasında meydana gelebilecek ani tehditlere ve kural dışı yolculara karşı hızlı ve esnek bir şekilde cevap verebilecek kabiliyete sahiptir. Aynı zamanda uçuş esnasında yolcuların yaşayabileceği sağlık sorunlarına karşı tıbbi müdahalede bulunabilir [10].

ABD’de uçuş güvenlik görevlisi olacak kişilerin işe alım aşamasında yazılı başvuru, sözlü mülakat, sağlık muayenesi, yalan makinesinden geçme, fiziksel yeterlilik testi ve kapsamlı özgeçmiş araştırması süreçlerinden başarıyla geçmesi gerekmektedir [7]. Uçuş güvenlik görevlisi, uçuş esnasında kabini sürekli izleyebilecek ve meydana gelebilecek ani güvenlik ihlallerine karşı etkili cevap verebilecek elit bir eğitime sahiptir. Yolcular arasında oturarak kabin içinde neler olup bittiğini sürekli gözetir [11]. Yasa dışı bir eylemi engelleme sırasında uçak içinde manevra yapabilmek için çok az yer olduğundan, yanlış bir atışın yüksek irtifadaki uçağın kabin basıncını düşürme ve kazaya sebep olma ihtimali vardır. Bu nedenle, uçuş güvenlik görevlisinin iyi nişancı olması, hedefe hızlı bir şekilde ateş edebilmesi, aynı anda birden fazla kısa mesafe hedefi vurabilmesi ve yakın dövüş tekniklerini iyi uygulayabilmesi gerekir. Ayrıca, uçuş güvenlik görevlisinin yasa dışı profil ve suç işleme potansiyeline sahip şüpheli yolcu ve kişileri diğerlerinden ayırt edebilecek kabiliyet ve eğitimlere sahip olması gerekir. Bu nedenle sadece

uçuş sırasında değil, uçuş öncesi ve sonrasını kapsayan zaman dilimi içinde havaalanı içinde gözetim ve kontrol gibi güvenlik görevleri vardır [12].

Uzun çalışma saatleri ve işlerinin potansiyel riskleri nedeniyle uçuş güvenlik görevlisinin fiziksel kondisyonunun sürekli olarak iyi olması gerekir. Ancak iyi bir fiziksel kondisyon ile uçak içi gibi dar bir alanda yasa dışı davranan bir yolcuyla engelleyebilir ve bu sırada kendisini savunabilir. Sağduyulu davranmak ve uçuş esnasında yolcuları telaşa sokacak gereksiz davranışlardan kaçınmak görevlerinin önemli bir parçasıdır. Zamanlarının büyük bir bölümünü havaalanlarında ve özellikle uçakla seyahat ederek geçiren uçuş güvenlik görevlileri, her an yeni bir görev için çağrılabilir ya da güvenlik ihtiyaçları doğrultusunda yerleri değiştirilebilir. Uçuş güvenlik görevlisi, suç işleyen ya da suç işleme potansiyeline sahip olduğuna inandıkları yolcu ya da kişileri tutuklayabilir. Bu görevlerini icra ederken kanunlar çerçevesinde arama yapabilir, tanıklarla konuşabilir ve diğer yetkili kurumlarla bilgi paylaşımında bulunabilir [9]. Yaklaşık olarak bir aylık sürenin on beş gününü uçarak geçiren uçuş güvenlik görevlileri, uçuş esnasında sivil kıyafetle yolcuların arasına karışmakla birlikte, uçuş ve özellikle acil durumlarda kokpit ve kabin ekibini sürekli bilgilendirmek ve onlarla olan eşgüdümü kaybetmemek için sıklıkla “first class”ta otururlar [12].

1900’lü yılların başından itibaren gelişmeye başlayan havacılık sektöründe, tarihsel süreç içinde güvenliği tehlikeye atan yasa dışı olaylar görülmeye başlanmıştır. Zaman içinde artan bu olaylarla mücadele edebilmek için 1960’lı yılların başından itibaren başta ABD olmak üzere bazı ülkelerde uçuş güvenlik görevlisi uygulaması yürürlüğe girmiştir.

3. Uçuş Güvenlik Görevlisi Uygulamalarının Tarihçesi

Terörist eylemlerin ortaya çıkardığı güvenlik tehditleri, 1930’lu yılların başından itibaren havayolu taşımacılığının bir gerçeğidir. Havacılık tarihinde bilinen kayıtlı ilk uçak kaçırma olayı, 21 Şubat 1931 tarihinde Peru’nun Arequipa kentinde meydana gelmiştir. Bir grup isyancı asker tarafından ele geçirilen ABD uçağı ve pilotları, isyancılar tarafından başkent Lima’nın üzerinde uçarak propaganda broşürleri dağıtmaya

zorlanmıştır. İsyancıların isteklerini reddeden ve tutsak edilen pilotlar, herhangi bir zarar görmeden uçakları ile birlikte 2 Mayıs 1931 tarihinde serbest bırakılmıştır [13].

1930'ları takip eden on yıllar boyunca ticari havacılık güvenliğine yönelik iç tehdit, çoğunlukla yabancı hava korsanları tarafından uçak kaçırmaya ya da ele geçirme olayları şeklinde meydana gelmiştir. Hava korsanları fidye isteme, mahkûmları serbest bırakma, uçağı farklı bir varış noktasına yönlendirme ve çoğunlukla radikalizme varan siyasi görüş ve dini inançlarını ön plana çıkarmak amacıyla ele geçirdikleri uçak ve rehine yolcuları pazarlık aracı olarak kullanmaya çalışmışlardır [11].

1960'lı yıllarda ABD uçaklarına yönelik saldırılar, uçuş güvenlik görevlisi uygulamalarının tarihinde önemli bir rol oynamaktadır. 1 Mayıs 1961'de Antulio Ramirez Ortiz, ABD'nin ilk hava korsanlığı suçunu işlemiştir [14]. ABD vatandaşı olan 35 yaşındaki Kore gazisi Ortiz, Miami'den Florida'ya gitmek için üzerinde bıçak ve silahla binmiş olduğu Convair havayoluna ait 337 numaralı iç hatlar uçuşunda, kendini uçağın ön tuvaletine kilitlemiş, üzerinde uçağı tamamen yok edecek miktarda bomba olduğunu söyleyerek uçağın Küba'nın başkenti Havana'ya indirilmesini istemiştir. Havana'ya inen uçaktan olaysız bir şekilde çıkan Ortiz, Kübalı yetkililere teslim olmuş ve olay sonunda herhangi bir can kaybı ve maddi hasar meydana gelmemiştir [15].

Ortiz'in gerçekleştirmiş olduğu bu uçak korsanlığı olayından sonra, ABD Kongresi 1958 yılında yürürlüğe giren Federal Havacılık Yasasını 5 Eylül 1961 tarihinde değiştirerek hava korsanlığını federal bir suç haline getirmiştir [14]. ABD'de yaşanan bu ilk uçak kaçırmaya olayını takiben üç ay içinde gerçekleşen ve Kübalı hava korsanları tarafından gerçekleştirilen üç ABD uçağı kaçırmaya olayından sonra havayolu işletmeleri ve Federal Soruşturma Bürosu (FBI)'nin talebi üzerine Başkan John F. Kennedy tarafından 1961 yılı içinde 18 kişilik bir çekirdek uçuş güvenlik görevlisi kadrosu oluşturulmuştur [16]. Kurulan bu çekirdek kadro, aynı zamanda ABD Hava Marşal Servisinin (Federal Air Marshal Service-FAMS) başlangıcı olarak görülmektedir [17].

Ticari uçakları kaçırmak, kanunen suç haline gelmesine rağmen 1961 ve 1968 yılları arasında

ortalama olarak yılda bir ticari ABD uçağı kaçırmıştır. Kaçırılan uçak sayısı 1968 yılında çarpıcı bir şekilde artmış ve bu yıl içinde 18 uçak kaçırmaya eylemi gerçekleşmiştir. 1969 yılında uçak kaçırmaya eylemleri daha da artmış ve hava korsanlarının gerçekleştirdiği 40 uçak kaçırmaya girişiminin 33'ü korsanların uçağın kontrolünü tamamen ele geçirmesiyle sonuçlanmıştır [14]. 1970 yılında meydana gelen Dawson Field uçak kaçırmaya olayları, 11 Eylül 2001 saldırılarının sonuçlarına benzer sonuçları ortaya çıkarması açısından havacılık güvenliği tarihsel sürecinin dönüm noktalarından biridir [8]. 6 Eylül 1970 tarihinde Filistin Kurtuluş Örgütü üyesi hava korsanları, İsrail ve Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde tutuklu örgüt üyelerinin serbest bırakılması amacıyla Amsterdam, Zürih ve Frankfurt'dan New York'a gitmesi planlanan TWA, Swissair ve El Al havayolu işletmelerine ait üç uçağı, üç farklı hava limanından kalkıştan kısa bir süre sonra aynı anda koordineli olarak kaçırmışlardır [18].



Şekil 1. Dawson Field Olayı [19]

Kaçırılan iki uçak, korsanlar tarafından Ürdün Çölü'nün ortasında bulunan Zarka kentindeki Dawson Field denilen bölgedeki piste indirilmiş ve 11 Eylül tarihine kadar 56 kişilik uçuş ekibi ve Yahudi yolcular haricindeki 310 rehine serbest bırakılmıştır [20]. Üçüncü uçak ise Mısır'ın başkenti Kahire'ye indirilmiş ve müzakereler sonucu rehine bırakıldıktan sonra 12 Eylülde boşalan üç uçak korsanlar tarafından patlatılmıştır [21] (Şekil 1).

1968 ve 1973 yılları arasında dünya çapında meydana gelen uçak kaçırmaya eylemleri, en üst seviyeye ulaşmış ve bu dönemde 364 uçak kaçırmaya olayı yaşanmıştır. 1960'lı yılların sonundan itibaren havacılık güvenliği ile ilgili düzenlemeler hayata geçirilmiştir. Uçak kaçırmaya olaylarına ilişkin

önemli yasal düzenlemeler yapılsa da 1980 ve 1990 yılları arasında havacılık sektörü, güvenliğini tehdit eden yasa dışı olaylarla mücadele etmek zorunda kalmıştır. 1990'lı yıllar, önceki yıllarla kıyaslandığında havacılık güvenliğinde yaşanan yasa dışı kaçırma ve bombalama olaylarının nispeten azaldığı bir dönemdir. 1990 ve 2001 yılları arasında küresel çapta alınan önlemler sayesinde özellikle gelişmiş ülkelerde ciddi olaylar yaşanmamıştır. Bununla birlikte 11 Eylül 2001'de ABD'de ikiz kulelere yapılan saldırılar, havacılık güvenliğinde radikal değişimlere neden olmuştur. Tarihsel süreç içinde havacılık güvenliğini tehdit eden olaylar dizisi Tablo 1'de sunulmuştur [6].

Tablo 1. Havacılık Güvenliğine Yönelik Olaylar

Yıl	Olaylar
1931	İlk uçak kaçırma olayı
1933	İlk uçak bombalama olayı
1945-62	Komünist rejime sahip ülke vatandaşlarının yoğun bir şekilde uçak kaçırma eylemlerinde bulunması
1968	Terörist bir örgütün gerçekleştirdiği ilk uçak kaçırma olayı
1970	İlk havaalanı saldırısı
1968-73	Dünya çapında 364 uçak kaçırma olayının yaşanması (1969'da 87 adet)
1980-82	Havacılık sektöründe yoğun terörist saldırılar görülmesi (3 yılda 105 olay)
2001	11 Eylül 2001'de ABD'de ikiz kulelere saldırı ve güvenlik önlemlerinde radikal değişimler yaşanması

Havacılık güvenliğini tehdit eden ve Tablo 1'de görülen olaylar silsilesi ve bu olaylar sonucu yaşanan maddi ve manevi kayıplar nedeniyle başta ABD olmak üzere birçok ülke, havacılık alanında yasal düzenlemeler yapmıştır. 1960'lı yıllarda ABD uçaklarına yönelik yapılan saldırılar ve özellikle Dawson Field olayından sonra havayolu taşımacılığına dair önemli ve kapsamlı güvenlik girişimleri, ABD başkanı Nixon tarafından uygulanmaya konulmuştur [8]. Nixon, hava korsanlığı tehdidi ile etkili bir şekilde başa çıkabilmek ve hükümetin havaalanlarındaki kontrolünü sağlamak amacıyla 1970 yılında hava korsanlığı ile ilgili mücadele programını tanıtmıştır. Bu programa göre, ABD havaalanlarında elektronik ve diğer kontrol ekipmanları kullanılacak; Ulaştırma, Hazine, Savunma Bakanlıkları ile Merkezi İstihbarat ve FBI gibi devlet kurumlarının

güvenlik önlemleri geliştirme çabaları hızlanacak ve ABD uçaklarında uçuş güvenliğini sağlamak amacıyla güvenlik görevlileri bulundurulacaktır [14].

Bu program dâhilinde Pam Am ve TWA havayolu işletmelerine ait uluslararası uçuşlar ile güvenlik açısından riskli bazı iç hat uçuşlarında uçuş güvenlik görevlileri yer almaya başlamıştır. 1973 yılında ABD iç hat uçuşlarında 1200 uçuş güvenlik görevlisi çalışmaktaydı. 1975 yılına gelindiğinde FBI havayolu işletmeleri için uçak içinde silah taşıma ile ilgili kuralları belirlemiştir [8]. Bu dönemde uçuş güvenlik görevlileri, FBI tarafından eğitildi ve Federal Havacılık Yasasında 1974 yılında yapılan düzenlemeye göre hareket ediyorlardı. Bu düzenlemeye göre, "uçuş güvenlik görevlisinin uçuş ile ilgili yetkisi, uçağa tüm yolcularının binmesinden sonra tüm dış kapılar kapatıldıktan sonra başlar ve aynı kapılar yolcuların inmesi için açılıncaya ya da zorunlu bir iniş durumunda yetkili makamlar uçağın sorumluluğunu alıncaya kadar devam eder". Bu düzenleme ile güvenlik görevlileri, hava korsanlarını engellemek, yakalamak ve onları yetkili makamlara teslim etmekle yetkilendirilmişlerdir [22].

1980'li yılların başında uçuş güvenlik görevlilerinin güvenlik açısından rolleri değişmemekle birlikte, azalan uçak kaçırma olayları nedeniyle uçuşlardaki varlıkları giderek azalmaya başlamıştır. Bu dönemde artan güvenlik önlemleri nedeniyle hava korsanları tabanca ya da benzeri ateşli silahlar kullanmak yerine kimyasal ve patlayıcı maddeler kullanmaya yönelmişlerdir. Olayların azaldığı bu sessiz dönem, 1985 Haziran ayında TWA havayolları 847 numaralı uçuşunu gerçekleştiren uçağın şii mahkûmların serbest bırakılması amacıyla Lübnanlı hava korsanları tarafından kaçırılmasıyla sona ermiştir [23]. Bu olaydan sonra ABD Başkanı Ronald Reagan, FAMS'ı modernize etmeye ve güvenlik görevlisi sayısını artırmaya çalışsa da 2001 yılına kadar FAMS belirsiz bir yapı içinde görev yapmış ve aktif uçuş güvenlik görevlisi sayısı son derece azalmıştır [22]. Sivil havacılık güvenliğinde radikal değişimlere yol açan 11 Eylül 2001 hava saldırılarının (Şekil 2) ardından FAMS, içindeki uçuş güvenlik görevlisi sayısını radikal bir şekilde arttırarak terörizm ile savaşta kalıcı bir yapı haline gelmiştir. Başkan Bush döneminde 2001 yılından

sonra Federal Havacılık Yönetiminin bünyesinden çıkartıldıktan sonra farklı devlet yapılarının içinde yer alan FAMS, son olarak 2005 yılı Kasım ayında ABD Anayurt Güvenlik Departmanı (Department of Homeland Security) içinde yer alan Ulaştırma Güvenliği Ajansına (Transportation Security Agency) bağlanmıştır [8].



Şekil 2. 11 Eylül 2001 Terör Saldırısı [24]

FAMS'ın temel misyonu, istihdam ettiği etkin uçuş güvenlik görevlileri sayesinde ABD ticari uçakları, havaalanları, yolcuları ve uçuş ekibine yönelik yasa dışı eylemleri belirlemek, caydırmak, önlemek ve bu sayede ulusal sivil havacılık sistemine olan güveni sağlamaktır. FAMS'ın mevcut yapısı içinde, ABD'nin günlük yaklaşık 25000 uçuşu desteklemek amacıyla 10000 civarında uçuş güvenlik görevlisi çalışmaktadır. Ancak FAMS'ta ABD'nin günlük uçuşlarının hepsini karşılayacak yeterli sayıda uçuş güvenlik görevlisi bulunmamaktadır. Bu nedenle FAMS, güvenlik tehdidinin yüksek olduğu hassas uçuşları değerlendirerek mevcut güvenlik görevlilerini bu uçuşlarda görevlendirmektedir [25].

Uçak kaçırma olaylarının tırmandığı 1960'lı yılların sonu ve özellikle de Dawson Field uçak kaçırma olayları akabinde sadece ABD'de değil, farklı ülkelerde de havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlisi uygulamaları görülmeye başlanmıştır.

4. Dünya Çapında Uçuş Güvenlik Görevlisi Uygulamaları

Sivil havacılık güvenliğini riske soğan olayların artmasıyla birlikte ABD'den sonra uçuş güvenlik görevlisi uygulaması Rusya, İsrail, Etiyopya, Mısır, Ürdün, Pakistan ve Hindistan gibi bazı ülkelerde de yürürlüğe girmiştir. Rusya'da uçuş güvenlik görevlileri güvenlik açısından riskli uçuşlarda düzenli olarak yer almaktadır [8]. 2002

yılı Kasım ayında İsraili bir Arap yolcu, Tel Aviv'den İstanbul'a gitmekte olan El Al havayollarına ait bir uçağı kaçırmaya çalışmıştır. Ancak, hava korsanı iki uçuş güvenlik görevlisi tarafından engellenerek etkisiz hale getirilmiştir [26]. 8 Aralık 1972'de Addis Adaba'dan Paris'e gitmek üzere yola çıkan Etiyopya Havayollarına ait Boeing 720 tipi uçak, Eritre Kurtuluş Cephesi örgütü üyesi beş erkek ve iki kadın korsan tarafından kaçırmaya çalışılmıştır. Korsanlardan biri uçağın içinde el bombası patlatmıştır. Güvenlik görevlileri tarafından etkisiz hale getirilen korsanların altı tanesi öldürülmüştür. Motorları ve dikey stablizesi hasar gören uçak, Addis Adaba'ya iniş yapmıştır. 2002 yılında başka bir olayda, Etiyopya'da iç hat uçuşu esnasında Etiyopya Havayollarına ait Fokker 50 tipi uçağı, patlayıcı ve bıçakla ele geçirmeye çalışan iki korsan, uçuş güvenlik görevlileri tarafından vurulmuş ve uçak güvenli bir şekilde iniş yapmıştır [27].

1970'li yılların başından itibaren Mısır'da uçuş güvenlik görevlileri hava korsanları ile mücadele etmektedir. 23 Kasım 1985'de Atina'dan Kahire'ye gerçekleştirilen Mısır Havayollarının 648 sayılı uçuşunda uçağı ele geçirmeye çalışan terörist, uçak içinde bulunan dört uçuş güvenlik görevlisi tarafından vurularak etkisiz hale getirilmiştir [8]. Ürdün Kraliyet Havayolları başkanı Samir Majali'ye göre, 1970'lerden beri Ürdün'de uçuş güvenlik görevlileri görev yapmaktadır. Uçuş güvenlik görevlilerinin silah taşımalarının bir güvenlik tehditi olarak görülmesi ve bu uygulamanın havayolu işletmelerine finansal açıdan yük getirmesine rağmen, uçuş güvenlik görevlileri özellikle 1970'li yıllarda Ürdün'e karşı savaş ilan eden Filistinli örgütlerin uçak kaçırma eylemlerine karşı pozitif sonuçlar elde etmiştir [28]. 2 Mart 1981 tarihinde Pakistan Havayollarına ait Boeing 720 tipi uçağın yaptığı iç hat uçuşunda yaşanan ve on iki gün süren uçak kaçırma olayından beri Pakistan'da uçuş güvenlik görevlilerinin kullanıldığı bilinmektedir [8].

23 Haziran 1985 tarihinde Air India havayollarının 182 numaralı uçuşu sırasında havada uçağın ön kargo bölümünde meydana gelen patlama sonucu, Boeing 747 tipi uçak Atlantik Okyanusu'na düşmüştür [27]. 24 Aralık 1999'da Nepal'in başkenti Katmandu'dan Yeni Delhi'ye giden Hint Havayolları uçağının Pakistan merkezli bir terör

örgütü olan Harkat-ul Mujahideen tarafından kaçırılmıştır. Yakalanan üç hava korsanı serbest bırakılarak Taliban kontrolündeki Afganistan'a gönderilmiştir [29] Özellikle bu iki olaydan sonra Hindistan'da uçuş güvenlik görevlilerinin kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca, 2007 yılında Hindistan'da iç hat uçuşu sırasında bir uçuş güvenlik görevlisi, cinsel taciz suçlaması nedeniyle tutuklanmıştır [8].

Uçuş güvenlik görevlisi ile ilgili uygulamalar ABD kökenlidir ve 11 Eylül 2001 sonrasında diğer ülkelerde genellikle ABD'nin talebi ve desteğiyle kurulmakta ve uygulanmaktadır. Suudi Arabistan, Çek Cumhuriyeti, Hollanda ve İsviçre ABD'nin baskısıyla havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlisi programı kuran ülkelere bazılarınıdır. 2004 yılından itibaren 23 ülke, ABD'den uçuş güvenlik görevlisi eğitimi talep etmiş, 26 ülke ise bu eğitime ilgi gösterdiğini ya da eğitim geliştirme aşamasında olduğunu belirtmiştir [8]. Ancak ABD'nin tüm transatlantik uçuşlarda güvenlik görevlisi talep etmesi her ülke tarafından aynı şekilde karşılanmamıştır. Örneğin Danimarka, İsveç, Finlandiya ve Portekiz silahlı güvenlik görevlilerinin uçakta seyahatine izin vermeyeceklerini açıklamışlar ve riskli bir durum olduğunda söz konusu uçuşu iptal edeceklerini belirtmişlerdir. Güney Afrika Cumhuriyeti ise hali hazırdaki güvenlik önlemlerini yeterli görmektedir. Fransa, Kanada ve Almanya 11 Eylül saldırılarından sonra ABD'ye yapılan bazı transatlantik uçuşlarda özel eğitilmiş ajanların bulunduğunu; Meksika, Hollanda, Avustralya ve Yeni Zelanda uçuş güvenlik görevlisi uygulamalarına büyük destek verdiğini açıklamış; Birleşik Krallık (United Kingdom) ise uçuş güvenlik görevlisinin görev ve yetkisinin tam olarak belirlenmesi ve uçakta kontrolün kaptan pilotta kalması gerektiğini belirterek uçuş güvenlik görevlisi uygulamalarını destekleyebileceğini belirtmiştir [30].

Japonya, 2002'de Seul'de icra edilen Dünya Kupası finalleri sırasında gerçekleştirilen Japonya-Kore Cumhuriyeti uçuşlarında ilk defa uçuş güvenlik görevlilerini kullanmıştır. Avrupa Birliği yasalarına göre ise, Chicago Konvansiyonu ve ICAO Ek-17 kapsamında üye ülkeler, uçuş güvenliğini sağlamak amacıyla özel olarak seçilmiş, eğitilmiş, silahlı ve kamu personeli olarak çalışacak

uçuş güvenlik görevlilerini sivil havacılık taşımacılığında bulundurup bulundurmama yetkisine sahiptir [8] Görüldüğü gibi ABD kökenli olan ve 11 Eylül 2001 saldırıları sonrasında ABD'nin talebiyle diğer ülkelerde uygulanmak istenen uçuş güvenlik görevlisi uygulamalarına özellikle uçuş esnasında uçakta silah bulundurulmasının ortaya çıkartabileceği riskler ve uygulamanın havayolu işletmelerine maliyeti nedeniyle ülkeler farklı tepkiler göstermektedir.

Havayolu taşımacılığına yönelik saldırılar, hem ulusal hem de uluslararası güvenliği doğrudan ilgilendirmektedir. Bu sebeple dünya çapında havayolu taşımacılığının daha güvenli bir biçimde yürütülebilmesi için tarihsel süreç içinde birbirini takip eden çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır.

5. Uçuş Güvenlik Görevlisi ile İlgili Yasal Düzenlemeler

1930'lardan itibaren başlayan havacılık güvenliğine yönelik yasa dışı olaylarda korsanlar, uçakları rehin alarak şov aracı haline getirmiş, yetkililer tarafından talepleri karşılanana kadar ya havada kalmayı tercih etmiş ya da indirdikleri uçakları, uçuş ekibi ve yolcularla birlikte yerde günlerce rehin tutmuşlardır. Müzakerecilerin can kaybı ve şiddet olaylarından kaçınmak amacıyla göstermiş olduğu yoğun çabalara rağmen, bazı uçak kaçırma olayları birçok masum yolcu ve uçuş ekibinin hayatını kaybetmesine, ciddi maddi kayıplara, kamu güvenliğinin zarar görmesine ve havacılık sektörünün kurumsal itibarının zedelenmesine neden olmuştur. Ortaya çıkan söz konusu kayıpları önlemek ve sivil havacılık güvenliğini sağlamak amacıyla yapılan ve uçuş güvenlik görevlisi uygulamasını da ilgilendiren yasal düzenlemeler kronolojik olarak şunlardır:

➤ **Paris Konvansiyonu:** 13 Kasım 1919 tarihinde Fransa'nın öncülüğünde ve 27 ülkenin katılımı ile gerçekleşen konvansiyonda, uçakların seyrüseferine ilişkin kurallar, hava sahasının yasal statüsü ve hava sahasının kullanılması gibi temel havacılık kuralları belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak havaalanları, hava araçları, yolcu ve kargo güvenliği ile ilgili düzenlemeler yapılmamıştır [6].

➤ **Chicago Konvansiyonu:** 7 Aralık 1944 tarihinde ABD'nin Chicago kentinde imzalanan konvansiyonun 1, 2 ve 6. maddesinde konvansiyona imza atan her ülkenin kara ve kıta sahanlığı üzerinde

bulunan hava sahası üzerinde mutlak egemenliğe sahip olduğu, hava sahasını koruma yetkisi olduğu ve üye ülkenin izni olmadan hava sahasının kullanılmayacağından bahsedilmiştir [31]. Bununla birlikte, hava araçlarının uluslararası hava sahasında seyrüsefer kuralları, diğer ülkelerin hava sahalarına giriş şartları, havacılık güvenliği ile ilgili temel konular, yolcu ve kargo bilgilerinin kayıt altına alınması, bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önleyici tedbirler alınması, pasaport ve gümrük işlemleri gibi konulara da değinilmiştir [6].

➤ **Tokyo Sözleşmesi:** 14 Eylül 1963 tarihinde Japonya'nın başkenti Tokyo'da imzalanan sözleşme, bir hava aracında yasa dışı bir eylem ya da suç işlendiği zaman kaptan pilotun yetkileri, suçlu kişinin hangi ülkede yargılanacağı, suçlunun kontrol altına alınarak uçuşun güvenli bir şekilde devam ettirilmesi konularında sözleşmeye üye ülkelerin işbirliği yapması gibi konuları içermektedir [32]. Sözleşmenin 3. maddesine göre, uçağın kayıtlı olduğu ülke söz konusu uçak içinde işlenecek suçlara karşı yargılama yetkisine sahiptir ve bu yetkinin kullanılabilmesi ve uçak içinde işlenebilecek suçlara karşı gerekli tedbirleri alabilir [33]. Tokyo Sözleşmesi, uçuş güvenliğini riske sokan yolculara karşı davranış tarzları ve yargılama hakkı konularında düzenlemeler içermekle beraber, uçuş öncesinde alınması gereken tedbirlerle ilgili düzenlemelere yer vermemiştir [6].

➤ **Hague Konvansiyonu:** 16 Aralık 1970 tarihinde Hollanda'nın Lahey kentinde imzalanan konvansiyon, uçuş esnasında bir hava aracının kontrolünü yasa dışı yollarla ele geçirerek yolcular, uçuş ekibi ve uçağın güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye atan suçları tanımlamış ve bu suçlara karşı taraf devletlerin ciddi cezai yaptırımlar uygulayabileceği ve önlemler alabileceğinden bahsetmiştir. Konvansiyonun 3. maddesine göre bir uçağın, yolcuların uçağa binip dış kapıların kapatılmasından tekrar yolcuların uçağı terk etmesine veya uçağın yasa dışı şekilde inişe zorlandıktan sonra yetkililerin uçağı teslim almasına kadar geçen sürede uçuş süreci içinde olduğu belirtilmiştir [34].

➤ **Montreal Sözleşmesi:** 23 Eylül 1971 tarihinde Kanada'da imzalanan Montreal Sözleşmesi, sivil havacılık güvenliğini tehdit eden yasa dışı eylemleri ve suçları tanımlayarak havacılık faaliyetlerini sürdürülebilir kılmayı amaçlamıştır. Sözleşmede belirtilen suçları işleyen

failler, taraf ülkeler tarafından cezalandırılabilecektir. Tokyo ve Hague sözleşmesinden farklı olarak Montreal Sözleşmesi, havacılık güvenliğine karşı işlenen suçları daha geniş bir süreç içinde değerlendirmiştir. Sözleşme hükümlerine göre; bir uçak, belirli bir uçuş görevi için yer personeli ve uçuş ekibi tarafından uçuş öncesi hazırlıkların başlaması ve uçağın inişinden sonraki yirmi dört saat içinde serviste kabul edilmekte ve bu süre yolcu ve kargonun uçağa binmesi ve yüklenmesinden sonra dış kapıların kapatılması ve inişi müteakip kapıların tekrar açılmasına kadar geçen süreyi de içine alır [6].

➤ **ICAO Ek-17:** 22 Mart 1974 tarihinde yürürlüğe giren ICAO Ek-17 (Annex-17) dokümanı ile sivil havacılık güvenliğine yönelik yasa dışı ve kasıt içeren eylem ve riskleri engellemek amacıyla uluslararası çapta alınması gereken güvenlik önlemleri belirtilmiştir. Ek-17'nin 4. bölüm 4.7. maddesinde uçuş esnasında yaşanabilecek yasa dışı eylem ve kişilere karşı görev yapabilecek uçuş güvenlik görevlisinin tanımı, uçuş sırasında silah taşınması ve taraf devletlerle bu hususların koordinasyonu hakkında açıklamalar yapılmıştır [35].

➤ **Doküman 8973:** Sivil havacılık güvenliği ile ilgili ICAO Ek-17'de yer alan uluslararası standartlar ve tavsiyelerin uygulaması konusunda taraf ülkelere yardımcı olmak için ICAO tarafından geliştirilmiştir. Doküman 8973 havaalanlarında alınması gereken güvenlik önlemleri, yasa dışı eylemlere karşı hareket tarzları, insan kaynağının temini ve sertifikasyonu, güvenlik değerlendirme kriterleri, uçuş güvenlik görevlisi ve uçuş esnasında silah taşınması gibi güvenlik konularını açıklamaktadır [6].

Bahsedildiği gibi, tarihsel süreç içinde öncelikle Chicago Konvansiyonunda havacılık güvenliği ile ilgili temeller atılmış; Tokyo ve Hague Sözleşmeleri ile havacılık güvenliğine karşı işlenen suçlar tanımlanmış; Montreal Sözleşmesi ile söz konusu suçların işlenebileceği uçuş sürecinin kapsamı genişletilmiş; ICAO Ek-17 ve Doküman 8973 ile havacılık güvenliğinin uluslararası standartları ve bu kapsamda ticari uçuşlarda uçuş güvenlik görevlisi ve uçuş esnasında silah taşınması ile ilgili hususlar belirtilmiştir. Söz konusu bu sözleşme ve dokümanlar zaman içinde ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda güncellenmiştir.

Uluslararası kurallar ve standartlar çerçevesinde faaliyet gösteren sivil havacılık sektöründe yapılan yasal düzenlemeler, bu düzenlemelere taraf ülkelerin hepsini ilgilendirmektedir. Bu kapsamda, havacılık sektöründe uçuş ekibi, yolcular ve uçakların güvenliğinin sağlanması amacıyla yakın gelecekte ülkemizde yürürlüğe girmesi öngörülen uçuş güvenlik görevlisi uygulaması, Türk sivil havacılığı için gündemde olan güncel bir konudur.

6. Uçuş Güvenlik Görevlisi İle İlgili Türkiye'deki Uygulamalar

Tüm dünyada havacılık faaliyetlerinin belirli kurallar çerçevesinde yürütülmesi için uluslararası otoritelerin yaptığı anlaşmalar ve yasal düzenlemeler yerel havacılık otoritelerinin şekillenmesinde çok önemlidir. 1963 yılında yapılan ve ülkemizin de 1975 yılında dâhil olduğu "Uçaklarda İşlenen Suçlar ve Diğer Bazı Eylemlere İlişkin Sözleşme" olarak bilinen Tokyo sözleşmesi, bu anlaşmalar arasında önemli bir yere sahiptir. Anlaşmalar ve sözleşmeler dönem gerekliliklerine göre güncellenmekte ve taraf devletlerin onayına sunulmaktadır. Kanada'nın Montreal kentinde 4 Nisan 2014 tarihinde imzalanan ve 26 Ekim 2017 tarihinde TBMM'de 7057 sayılı kanunla onaylanan "Hava Araçlarında İşlenen Suçlar ve Diğer Bazı Eylemlere İlişkin Tokyo Sözleşmesini Tadil Eden Protokol" Cumhurbaşkanımız tarafından 2 Kasım 2018 tarihinde 310 numaralı kararname ile onaylanarak 3 Kasım 2018 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Söz konusu protokol; Tokyo Sözleşmesi'nde yargılama yetkisi, kaptan pilotun yetkileri, hava araçlarında işlenen suçlar, uçuş güvenlik görevlisi yetki ve sorumlulukları, hava aracının inişine neden olan yolcudan zararların tazmini gibi konularda düzenlemeler getirmiştir [36].

Tokyo Sözleşmesi'nin son güncellemesinde 6. maddenin 6.3. ve 6.4. fıkrası ile 10. maddesi hava aracı güvenlik görevlisi/memuru ile ilgilidir. Bu güncellemeler şu şekildedir [37]:

➤ **Madde 6.3.:** İlgili akit devletler arasında ikili veya çok taraflı anlaşma veya düzenlemeler uyarınca kullanılan bir "hava aracı güvenlik memuru" haklı gerekçelere sahipse hava aracının, kişilerin veya hava aracındaki malların güvenliğini yasa dışı müdahale eyleminden ve ciddi suçların ortaya çıkmasından korumak için ve eğer anlaşma ya da düzenleme buna imkân veriyorsa, acil bir

biçimde gerekli olan makul önleyici tedbirleri bu tür bir yetkilendirmeye ihtiyaç duymaksızın alabilir.

➤ **Madde 6.4.:** Bu sözleşme içerisindeki hiçbir hüküm, bir akit devlete hava aracı güvenlik memuru programı kurma yükümlüğü getiriyor ya da kendi topraklarına yabancı hava aracı güvenlik memuru kullanmaya yetki veren iki veya çok taraflı bir düzenleme veya anlaşmayı kabul ediyor şeklinde anlaşılacaktır. Değişiklik yapılan 6. madde ile hava aracı güvenlik memurunun uluslararası otoriteler tarafından da kabul gördüğü ve yetkilerinin belirlendiği görülmektedir. Bununla birlikte gerçekleştirilen eylemler karşısında ilgili tarafların sorumluluğu da güncelleme yapılan 10. maddede belirtilmiştir. Bu madde şu şekildedir [37]:

➤ **Madde 10.:** Bu sözleşme uyarınca gerçekleştirilen eylemler konusunda hava aracının kaptan pilotu, uçuş ekibinin diğer üyeleri, herhangi bir yolcu, herhangi bir hava aracı güvenlik memuru, hava aracının sahibi veya işleticisi veya adına uçuş gerçekleştirilmiş kişi, herhangi bir kovuşturmada bir kişinin kendisine karşı alınan önlemler nedeniyle maruz kaldığı muameleden sorumlu tutulmayacaktır.

➤ Tokyo sözleşmesi içerisinde yapılan bu değişiklikler uçuş güvenlik görevlisinin yetki ve sorumluluklarını belirlemektedir. Bu değişiklikler doğrultusunda uçuş güvenlik görevlisi kavramını ifade eden "**hava polisi**" kavramı Türkiye'de 1 Ekim 2019 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Türk Tescilli Sivil Hava Araçlarında Bulundurulmuş Özel Eğitimli Silahlı Güvenlik Görevlilerinin Görev, Yetki ve Sorumluluklarına Dair Yönetmelik" ile gündeme gelmiştir. Yönetmelik, Türk tescilli sivil hava araçlarında, hava aracının ve hava araçlarındaki yolcuların güvenliğini tehlikeye atan yasa dışı müdahale eylemlerine karşı, uluslararası uçuşlarda sivil hava araçlarının, yolcuların ve uçuş ekibinin güvenliğinin sağlanmasına yönelik özel eğitimli silahlı emniyet teşkilatı personelinin görevlendirilmesine amacıyla yayımlanmıştır. Yönetmelikte hava polisi, "Türk tescilli sivil hava araçlarında uluslararası uçuşlarda görevlendirilen özel eğitimli emniyet teşkilatı personeli" olarak tanımlanmıştır. Yönetmelik kapsamında hava polisi ile ilgili belirlenen görev, yetki ve sorumluluklar Emniyet Genel Müdürlüğü Koruma Dairesi Başkanlığı ile uluslararası uçuşu olan havalimanlarının bulunduğu illerin emniyet müdürlükleri bünyesinde kurulacak birimler

tarafından yürütülecektir. Aday polislerde aranacak şartlar şunlardır [37]:

- Polis memuru ve daha üst rütbedeki emniyet hizmetleri sınıfı personeli olmak,
- Emniyet teşkilatında fiilen beş yıl çalışmış olmak,
- Kıdeme etkili ceza almamış olmak,
- En az ön lisans mezunu olmak,
- İkinci bölge hizmetini bir kez tamamlamış olmak,
- Son iki performans değerlendirme puanı iyi veya çok iyi olmak,
- Son üç performans atışında ayrı ayrı 90 puan ve üzeri puan almış olmak,
- Birimin en üst dereceli amiri tarafından muvafakat verilmiş olmak,
- Sağlık raporuna (diğer havacılık personeli sağlık raporu) sahip olmak.

Ayrıca, yönetmeliğe göre ihtiyaç duyulması halinde sivil havacılık alanında eğitim ve mevzuat yeterlilikleri, havalimanında çalışma süresi, yaş açısından ek şartlar belirlenebilir. Adaylar belirlendikten sonra fiziki yeterlilik ve atış sınavlarına tabi tutulacaklardır. Başarılı olan adaylar Hava Polisi Temel Eğitim Kursuna katılacaklardır. Bu kursta verilecek eğitimler şunlardır [37]:

- Sivil Havacılık Güvenliği Temel Güvenlik Eğitimi,
- Havacılık Terminolojisi ve Hava Aracı Özellikleri Eğitimi,
- Uçak İçi Kapsamlı Atış Teknikleri ve Silah Eğitimi,
- Polis Müdahale Yöntem ve Teknikleri Temel Eğitimi,
- Rehine Müzakere Eğitimi,
- Havacılık Güvenliğinde Yolcu Profili ve Davranış Analizi Eğitimi,
- Silahsız Saldırı ve Savunma Amaçlı Yakın Dövüş Teknikleri Eğitimi,

Bu eğitimlere ilave olarak gerekli görüldüğü durumlarda da farklı derslerde bu eğitimlere dâhil edilebilecektir. Eğitim sürecini başarıyla bitiren emniyet teşkilatı mensuplarına Hava Polisi Temel Eğitimi Sertifikası verilecektir.

Yönetmeliğe göre, “kanunsuz şekilde, şiddet veya şiddete başvurma tehdidi ile uçaktaki bir veya birden fazla şahsın uçuş halindeki bir uçağın faaliyetini engellediği, uçağın kontrolünü ele

geçirmeye teşebbüs ettiği veya kontrolü altına aldığı durumlarda uçuş güvenliğini sağlamak amacıyla uçağın kontrolünü yetkili kaptan pilota geri vermek; ayrıca kokpit, uçuş ekibi ve yolcu can güvenliğini sağlamak ile yasa dışı müdahale eylemlerini önlemek için orantılı olarak uygun koruyucu güvenlik tedbirlerini almak” hava polisinin görevi olarak tanımlanmaktadır. Hava polisi uçuşlara sivil kıyafetli olarak katılır. Kokpite yönelik herhangi bir şüpheli durumla karşılaşırsa kokpiti korur. Kural dışı davranan yolculara, kokpite girme girişimi olmadığı sürece müdahale etmez. Görev sonunda uçuş raporu tutmak ve bu raporları yetkililere iletmekle sorumludur. Hava polisi, görevlendirildiği uçuşta görevi itibarıyla kaptan pilota ve uçuş ekibine hiyerarşik olarak bağlı değildir. Hava polisinin görevi, görev aldığı uçaktaki uçuş ekibi tarafından bilinir. Ancak hava polisinin kimliği yolculardan gizli tutulur. Hava polisi, görevlendirildiği uçuşla ilgili olarak uçuş süresi boyunca görevli sayılır. Herhangi bir uçuşta görevlendirilen hava polisi, uçuş gerçekleştirilen ülkede uçuşun gecikmesi halinde uçuş ekibiyle hareket eder ve uçuş süresince görevli sayılır [37].

Hava polisinin uçuş görevi ve dinlenme süreleri ile ilgili hususlar Genel Müdürlük tarafından çıkarılacak yönerge ile belirlenir ve hava polisi görevlendirildiği uçuş ile yetkilidir. Hava polisi uluslararası uçuşlarda görevli olmadığı zamanlarda bağlı bulunduğu büronun işlerini takip eder. Hava polislerinin görevlendirileceği destinasyonlar Sivil Havacılık Güvenliği Risk ve Tehdit Değerlendirme Komisyonunun görüşleri alınarak Bakanlık tarafından belirlenir. Eğer memur kimliğini ifşa edecek bir eylemde bulunursa veya her beş yılda bir alınan sağlık raporunu alamazsa görevine son verilir. Bir uçuşta en az iki hava polisi görevlendirilir ve gerekli görüldüğü durumlarda bu sayı artırılabilir. Hava polislerinin görevlendirme esnasındaki bilet bedelleri ilgili havacılık işletmeleri tarafından karşılanır. Hava polisinin görev esnasında kullanacağı silah, mühimmat ve teçhizat Genel Müdürlük tarafından çıkarılacak yönerge ile belirlenecektir [37].

7. Sonuç ve Tartışma

Sivil havacılık sektörü, 1930 yılların başından itibaren güvenliğini tehdit eden yasa dışı eylemlerle karşı karşıya kalmış, bu eylemler 1960 ve 1970’li yıllarda tırmanışa geçmiş ve 11 Eylül 2011’de

ABD’de ikiz kulelere yapılan terör saldırıları, havacılık güvenliğinde radikal önlemlerin alınmasına sebep olmuştur. Havacılık güvenliğine yönelik bu tür yasa dışı eylemleri caydırmak ve engellemek amacıyla 1960’lı yılların başından beri başta ABD olmak üzere dünyanın farklı ülkelerinde yürürlükte olan uçuş güvenlik görevlisi veya başka bir ifadeyle hava polisi uygulamasının 2020 yılı itibariyle Türkiye’de de uygulanacağı öngörülmektedir.

Uluslararası ve güvenlik riski bulunan belirli uçuşlarda görev yapan uçuş güvenlik görevlilerinin havacılık güvenliğine sağlamış olduğu katkının yanısıra bu uygulamayla ilgili sektör içinde bazı kaygılar olduğu görülmüştür. Havacılık sektörü içinde özellikle kokpit ve kabin ekibi bu uygulamaya temkinli yaklaşmaktadır. Her ne sebeple olursa olsun uçakta ateşli bir silahın bulunması, uçuş ekibini kaygılandıran en önemli faktördür. Uçuş güvenlik görevlilerinin çok iyi silah kullanma eğitimlerinden geçirilmesi dâhi bu kaygıyı hafifletmemektedir. İnsan faktörü kaynaklı isabetsiz bir atışın uçağa verebileceği zarar göz ardı edilemez. Silahtan çıkan bir kurşunun uçak gövdesinde açacağı bir deliğin her ne kadar büyük gövdeli uçaklarda kompanse edilme olasılığı olsa dâhi isabet ettiği bölge de göz önüne alınmırsa, ani basınç kaybına hatta uçağın parçalanmasına bile yol açabilir.

Ayrıca, uçuş güvenlik görevlisi uygulamasının temelinde, hava aracına yönelik terör eylemlerini engellemek ve uçuş güvenliğinin sağlanması için ateşli/kesici silah ya da benzeri bir aletin kullanılması gerekir. Uçakta böyle bir silahın olması terör grupları tarafından **“uçaktaki silahı ele geçirme”** yoluyla terörist faaliyetlerde bulunma düşüncesi yaratabilir. Bu durum, **“riskleri minimuma indirme”** olarak ifade edebileceğimiz güvenlik algısıyla ters düşebilir.

Sektör içindeki diğer bir kaygı ise, silah kullanacak güvenlik personelinin kişilik yapısıdır. Her ne kadar uçuş güvenlik görevlisi eğitim sürecinde, adaylar psikolojik testlerden geçseler de silah taşımaya yetkili olan güvenlik görevlisinin görev dışı durumlarda da silahını taşıması ya da kullanması endişe verici olarak görülmektedir. Havacılık sektörünün her faaliyetinde olduğu gibi uçuş güvenlik görevlisi uygulamasında da **“insan faktörü”** göz önünde bulunması gereken en önemli

konulardan biridir. Örneğin, 2017 yılında Delta Airlines’ın DL221 sefer sayılı Manchester-New York seferinde meydana gelen olayda hava polisi dolu silahını uçak tuvaletinde unutmuştur. Polisten sonra tuvaleti kullanan yolcu, silahı bulmuş ve kabin memuruna teslim etmiştir [38].

Bahsedilen olaydan da anlaşılacağı gibi uçuş sırasında uçakta silah bulundurulması, uçuş ekibi ve yolcuların güvenliğini riske sokacak bir olaya neden olabilir. Bununla birlikte uçuş sırasında silah yerine caydırıcı hangi diğer alet veya yöntemlerin kullanılabileceği, uçuş güvenlik görevlisinin sorumlu kaptan pilottan bağımsız hareket edecek olması, kural dışı davranışlarda uçuş güvenlik görevlisinin hareket tarzı, bu uygulamanın havayolu işletmeleri için maliyeti gibi konuların havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlisi uygulaması ile ilgili tartışmaya açık konular olduğu düşünülmektedir.

Söz konusu kaygıların Türkiye’de başlayacak olan hava polisliği eğitimlerinde ele alınması ve çözümlenmesi faydalı olabilir. Bununla birlikte bu yeni uygulamaya geçiş sürecinin uluslararası havacılık kuralları, diğer ülkelerin bu konudaki deneyimleri, Emniyet Genel Müdürlüğü ve havayolu işletmelerinin görüşleri doğrultusunda ortak bir anlayışla yürütülmesi sivil havacılık güvenliği açısından önem arz etmektedir. Uçuş güvenlik görevlisi uygulamasının bir kamu hizmeti olması ve havayolu işletmelerine bir maliyet oluşturması nedeniyle, işletmelerin söz konusu maliyeti minimize etmek amacıyla bu uygulamaya geçiş süreci içinde uçuş güvenliği ile ilgili kendi çözüm yollarını geliştirme girişiminde bulunabileceği de düşünülmektedir.

Sivil havacılık sektöründe uçuş güvenlik görevlisi uygulaması ile ilgili yapılan bu çalışma, literatür taramasına dayanan ve belirli bir kapsamda yapılan kavramsal bir araştırma olduğu için sınırlılıklar içerebilir. Bu kapsamda havacılık güvenliği üzerine çalışan araştırmacılar gelecekte araştırma konusunu farklı örgütsel davranış konularıyla ilişkilendirilerek nicel ve nitel araştırmalar yapabilirler. Uçuş güvenlik görevlilerinin kriz ve çatışma yönetimi, uçuş ekibi ve yolcularla iletişim şekli, çalışma koşulları ve iş tatmini araştırma konularından bazıları olabilir. Bununla birlikte uçuş güvenlik görevlisi uygulaması ile ilgili olumlu ya da olumsuz örnek

olaylar ve havayolu işletmelerinin bu uygulamaya karşı görüşleri konusunda da araştırmalar yapılabilir.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynakça

- [1] R. Çoban, “Kültürel farklılıkların uçuş emniyetine etkisi ve örnek bir kaza araştırması”, 4. Ulusal Havacılık Teknolojileri ve Uygulamaları Kongresi, 59-70, 17-18 Kasım, İzmir, 2017.
- [2] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu, 2019, <http://web.shgm.gov.tr/documents/>, [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020].
- [3] M. Jain, J. Tsai, J. Pita, C. Kiekintveld, S. Rathi and M. Tambe, “Software assistants for randomized patrol planning for the lax airport police and the federal air marshal service”, *Interfaces*, 40(4), 267-290, 2010.
- [4] P. Thornton, “Economic cost of attacks estimated at £2bn. independent.co.uk (july 18)”, 2005, <http://www.independent.co.uk/news/business/news/>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [5] E. Gerede, “Havacılık emniyeti ve havacılık güvenliği kavramları arasındaki ilişki ve farkların belirlenmesine yönelik bir araştırma”, *Yönetim*, 17(54), 26-37, 2006.
- [6] U. Keskin, Havacılık Güvenliği, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3248, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2112, 2018.
- [7] <https://www.tsa.gov/about/jobs-at-tsa/federal-air-marshal-service-and-law-enforcement>, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].
- [8] P.P. Fitzgerald, “Air marshals: the need for legal certainty”, *Journal of AirLawand Commerce*, 75(2), 357-406, 2010.
- [9] Air Marshal: Job Description, Duties and Salary, https://study.com/articles/Become_an_Air_Marshal_Education_and_Career_Roadmap.html, [Erişim Tarihi: 01-Ocak-2020].
- [10] R. Allison, “Federal air marshal service: oversight”, 2015, <https://www.google.com>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [11] M.G. Renna, “Fire in the sky: a critical look at arming pilots with handguns”, *Journal of Air Law and Commerce*, 68(4), 859-890, 2003.
- [12] S. Munroe, “Role of an air marshal”, <https://work.chron.com/role-air-marshal-16346.html>, [Erişim Tarihi: 01-Ocak-2020].
- [13] <https://www.infoplease.com/askeds/worlds-first-skyjacking>, [Erişim Tarihi: 25-Aralık-2019].
- [14] D.S. Harawa, “The post-tsa airport: a constitution free zone?”, *Pepperdine Law Review*, 41(1), 1-60, 2013.
- [15] <https://www.encyclopedia.com/politics/energy-government>, [Erişim Tarihi: 25-Aralık-2019].
- [16] <https://www.propublica.org/article/history-of-the-federal-air-marshal-service>, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].
- [17] https://abcnews.go.com/images/WNT/air_marshal_extract.pdf, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].
- [18] J. Price and J. Forrest, *Practical Aviation Security: Predicting and Preventing Future Threats*. Burlington, MA: Butterworth-Heinmann, 2013.
- [19] <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dawson%27>, [Erişim Tarihi: 28-Nisan-2020].
- [20] <https://www.telegraph.co.uk/news/2016/03/29/terrorism-in-the-sky-four-decades->, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].
- [21] P. Tristram, “The 1970 Palestinian hijackings of three jetsto jordan”, <https://www.thoughtco.com>, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].
- [22] C.J. Robison, “Not up in the air: federal air marshal’s administrative search privileges in flight”, *Mississippi Law Journal*, 84(5), 1375-1408. 2015.
- [23] <https://www.theguardian.com/business/2004/jan>, [Erişim Tarihi: 30-Aralık-2019].
- [24] <https://onedio.com/haber/10-madde-ile-11-eylul-saldirisi>, [Erişim Tarihi: 27-Nisan-2020].
- [25] M. Castelli, T. Meier, M. Morris, M. Philie and M. Kwinn, “The federal air marshal service”, *IEEE International Systems Conference*, 2013, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document>, [Erişim Tarihi: 28-Aralık-2019].

- [26] J. Barham, “Profiling Aviation Threats”, 2008, <http://www.securitymanagement.com/article>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [27] <https://aviation-safety.net/database/record.php?>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [28] <https://www.aljazeera.com/archive/2004/01/>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [29] M. Mishra, “Bureau of Civil Aviation Security Weighs Exempting Pilots From Briefings By Sky Marshals”, 2017, economictimes.indiatimes.com, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [30] A. Buncombe and M. Woolf, “Four Countries Defy US Order to Put Sky Marshals on Planes”, 2004, <https://www.independent.co.uk/news/world/>, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [31] Chicago Convention, (1944), https://www.icao.int/publications/Documents/7300_orig.pdf, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [32] S. Başol, Hukuk ve Havacılık, Patrol Ofset, İstanbul, 2010.
- [33] Tokyo Convention, 1963, <https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/tokyo1963.pdf>, 29.12.2019.
- [34] Hague Convention, 1970, http://www.oas.org/juridico/mla/en/treaties/en_conve_suppre, [Erişim Tarihi: 29-Aralık-2019].
- [35] ICAO Annex 17 to The Convention On International Civil Aviation, Security Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference, Ninth Edition, 2011.
- [36] <http://web.shgm.gov.tr/tr/mevzuat/5914-tokyo-sozlesmesi-tadilati>, [Erişim Tarihi: 02-Ocak-2020].
- [37] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/1/>, [Erişim Tarihi: 02-Ocak-2020].
- [38] <https://www.airporthaber.com/delta-airlines-haberleri/air-marshall>, [Erişim Tarihi: 02-Ocak-2020].

Personnel Licencing in Aviation Authorities: An Implementation in Faculty of Aeronautics and Astronautics of Eskisehir Technical University

Savaş S. ATEŞ¹ , Haşim KAFALI^{2*} 

¹ Eskisehir Teknik Üniversitesi, Havacılık Yönetimi, Eskisehir, Türkiye

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Muğla/Dalaman, Türkiye

Abstract

The aviation industry, which is the newest of the types of transportation, has had to deal with structural problems as it develops and grows. These problems tried to be solved with international, regional, and national aviation authorities by rule makers. One of the problems of the aviation industry is qualified human resources. Air transportation cannot be carried out without air and ground personnel in today's conditions. The execution of efficient and safe flight operations depends on the competence, abilities and training of its personnel. Special trainings are required to work in the aviation industry. These trainings are determined and regulated by aviation authorities. Airlines, higher education institutions, aviation schools, etc. are conducts trainings to meet the needs of qualified personnel. However, most of the higher education institutions do not prepare their curricula according to the regulations of the authorities. In this research, aviation authorities and personnel licencing, higher education institutions and authorization topics were examined; The requirements for authorization of the Faculty of Aeronautics and Astronautics of Eskisehir Technical University under SHY-UHU and SHT-EGITIM/HAD have been established and compared with the current situation; and suggestions to Eskisehir Technical University on authorization were made.

Keywords: Aviation, Higher education, Training, Authorisation, Personnel Licencing

1. Introduction

Aviation sector needs to aeronautical authorities to ensure the continuity of industry regulation, development and continuity so that getting a solution to many of the political and technical

problems growing aviation industry has got. For that reason, international aviation organizations as International Civil Aviation Organization (ICAO and International Air Transport Association

Corresponding Author: Asst.Prof.Dr. Haşim Kafalı, hasimkafali@mu.edu.tr

Citation: Ateş S.S., Kafalı H. (2020). Non Simultaneous Morphing System Design for Yaw Motion in Quadrotors J. Aviat. 4 (1), 103-114.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-2462-0039>; ² <https://orcid.org/0000-0002-7740-202X>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.658925>

Received: 13 December 2019 **Accepted:** 22 June 2020 **Published (Online):** 23 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

(IATA), regional aviation authorities as European Aviation Safety Agency (EASA) and Federal Aviation Administration (FAA), and national aviation authorities as General Directorate of Civil Aviation (DGCA) has emerged. There have been many problems accrued with the aviation sector has grown above the world average in Turkey. One of these problems is the need for qualified staff.

Qualified personnel are an important need for sectors where experience and knowledge needs are high, such as the aviation sector. In order to work in the aviation sector, it is necessary to take special trainings in the sector. These trainings have been determined by aviation authorities and various regulations related to this subject have been established.

In the last 10 years, as a result of the growth of aviation sector, the number of higher education institutions that are offering education in aviation has increased in Turkey. However, most of the higher education institutions do not prepare their educational curricula according to the regulations of national and international authorities. Therefore, the higher education institutions are not authorized by DGCA. Even if, these students graduate from higher education institutions, which are not authorized by the civil aviation authority, students cannot do their job because they haven't got a certificate or license in the field of aviation.

In the first and second part of the study, aviation authorities and aviation education in higher education were given by literature review. In the third part of the study, the authorities granted by aviation organizations, the higher education institutions authorized by aviation organizations and the fields authorized by them were revealed by secondary data analysis. As a result of the research, Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics, which is determined as an example in the light of the data, has been evaluated by taking advantage of opportunities for aviation management.

2. Literature Review

2.1. Personnel Licencing in Aviation Authorities

Definition of authority is that the right of to have the right to order, to obey, to rule, to prohibit, to enforce sanctions of a person or an institution [1].

To be a solution to many political and technical problems facing the growing aviation industry; there is a need for aeronautical authorities to ensure the continuity, regulation and development of the industry. For this reason, international such as ICAO (International Civil Aviation Organisation) and IATA (International Air Transportation Association), regional such as EASA (European Aviation Safety Agency) and FAA (Federal Aviation Administration) and national aviation authorities and institutions such as DGCA (Directorate General of Civil Aviation) and DHMİ (General Directorate of State Airports Authority) have emerged.

- *EASA (European Aviation Safety Agency):* EASA is an agency of the European Union established in 2002 by Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and the Council in order to ensure a high and uniform level of safety in civil aviation, by the implementation of common safety rules and measures. EASA has taken over the responsibilities of the former Joint Aviation Authorities (JAA) system which ceased on 30 June 2009 [5].
- *FAA (Federal Aviation Administration):* FAA of the United States is a national authority with powers to regulate all aspects of civil aviation. These include the construction and operation of airports, air traffic management, the certification of personnel and aircraft, and the protection of U.S. assets during the launch or re-entry of commercial space vehicles [6].
- *EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation):* Eurocontrol, is an international organization working to achieve safe and seamless air traffic management across Europe [7]. Over 1,900 highly qualified professionals spread over four European countries work at EUROCONTROL, deploying their expertise to address ATM challenges [8].
- *DGCA (Directorate General of Civil Aviation):* "Civil Aviation Department", which was founded within the organization of the Ministry of Transport in 1954 in order to protect our national interests and to carry out and supervise our international relations on regular basis upon the rapid development of World Civil Aviation and the significant progress in the technology,

was reorganized as "Directorate General of Civil Aviation" in 1987 in accordance with the then current conditions. The Directorate General of Civil Aviation, the Main Service Division of the Ministry of Transport until November 18, 2005, achieved its autonomy financially through the Law Nr. 5431 on Organization and Duties of the Directorate General of Civil Aviation, coming into effect on the mentioned date, and reached its current managerial structure. Today, the aviation operations, performed in our country, are carried out in accordance with the Turkish Civil Aviation Act Nr.2920 and the Administrative and Technical Regulations issued accordingly and the Aviation Instructions [9].

Personnel licensing can be described as a system of standards, processes and procedures aimed to ensure that personnel undertaking safety related tasks in civil aviation (pilots, air traffic controllers, aircraft maintenance engineers, etc.) are competent to perform their tasks to the prescribed standard [10].

As long as air travel cannot do without pilots and other air and ground personnel, their competence, skills and training will remain the essential guarantee for efficient and safe operations. Adequate personnel training and licensing also instill confidence between States, leading to international recognition and acceptance of personnel qualifications and licences and greater trust in aviation on the part of the traveller [11].

When ICAO legislation on personnel licensing is examined, Annex-1 Personnel Licensing is used as the basic document. Just like Annex-1, ICAO has published SARPs (Standards and Recommended Practices) documents in various areas, including personnel licensing.

ICAO SARPs are applicable to all applicants for, and holders of, licences, however, the assessment and examination of the knowledge, experience and proficiency of individual applicants for and holders of a licence, and the issue of the licence, is left to the discretion of Contracting States [10].

International SARPs are established for licensing the following personnel:

- Pilot
- Flight Navigator
- Flight Engineer
- Aircraft Maintenance Engineer / Technician / Mechanic
- Air traffic controller
- Flight Operations Officer / Flight Dispatcher
- Aeronautical Station Operator

Some States have decided to require licensing for other categories of personnel in their national regulatory scheme, such as Air Traffic Flow Managers, Flight Information Service Officers, Cabin Crew, etc. Of note is that some States have decided not to licence Flight Dispatchers and other Flight Operations support staff [10].

Other documents related to ICAO's personnel licensing are other documents cited in Annex-1. These documents include ICAO Doc 9379 - Manual of Procedures for Establishment/Management Personnel Licensing System, ICAO Doc 8984 Manual of Civil Aviation Medicine, and ICAO Doc 7192 - Training Manual.

National aviation authorities prepare their regulation based on the SARPs set by ICAO for the regulation on personnel licensing. Standards set out in these regulations may be different from SARPs but never lower than those in SARPs. DGCA published its regulation accordingly, based on reference documents published by ICAO, JAA, EASA, ECAC, etc.

The legislation related to personnel licensing issued by DGCA in this direction is exemplified by the legislation such as "SHY-1 Pilot License Regulation", "SHT-3 Aviation Medicine Directive", "SHY 65-01 Air Traffic Control Service Personnel Licencing and Rating Directive", "SHT-EGITIM/HAD Airport Department Training Directive", "SHY-66 Aircraft Maintenance Personnel Licencing Directive", "SHY-UHU Flight Dispatcher Licencing Directive", "SHY-65-07 Aeronautical Information Management Personnel Licencing and Rating Directive", etc.

2.2. Higher Education Institutions and Authorization

When aviation training in Turkey examined, aviation training organizations that can be grouped

into three main groups. The first group contains higher education institutions (universities, vocational schools, etc.), the second group contains private companies (airlines, ground handling companies, FTOs, etc.) and the last group contains authorities, DGCA and DHMI.

The number of higher education institutions providing aviation training has shown a great increase especially in the last 10 years. When examining the 2017 Student Selection and Placement System (ÖSYS) Guide to Higher Education Programs and Quotas, civil aviation education is conducted in 53 different higher education institutions and 10 different departments in these institutions (associate degree, bachelor's

degree, open education system programs). These 10 different departments can be grouped into five main groups, Department of Air Traffic Control, Department of Flight Training, Maintenance Services Departments, Cabin Services Departments and Department of Ground Operations and Business Management Services.

According to the quota guide issued by OSYM (Student Selection and Placement Centre) for 2015, 2016 and 2017, there has been a great increase in the quotas¹ of higher education institutions that have been providing aviation education especially in recent years. When the 5 main groups are examined, the result in the anticipatory Figure-1 appears.

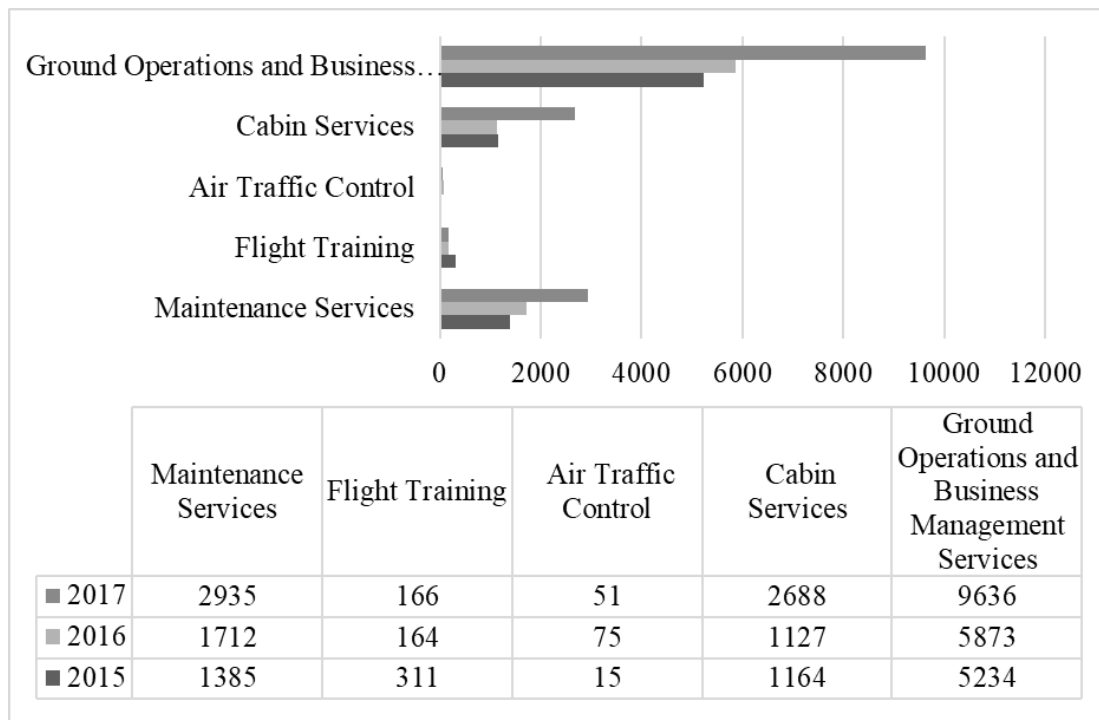


Figure 1. Quota Information of Higher Education Institutions Providing Aeronautical Education in 2015-2016-2017

The biggest increase has shown in Department of Ground Operations and Business Management Services. The main reason of this increase is the increase of the quotas of this group in the open education faculties.

ICAO set the standards and recommended practices about personnel licencing. However, the

final decision on personnel licencing has been left to national authorities. Any aviation authority cannot apply any standard lower than ICAO's standards. Because of this reason aviation authorities are seeking to exceed the standards set by ICAO. In this part of this research, regulations published by DGCA was examined.

¹Other quota types such as school's top student pass, horizontal pass, etc. have not been included in quota numbers.

Table 1. The Higher Education Institutions Authorized by DGCA

Higher Education Institutions	Authorization Regulations
Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics	SHY-147, SHT-1A, SHY 65-01 (ESARR-5), SHT-EGITIM/(HAD), Terminal Management
İlke Eğitim ve Sağlık Vakfı Kapadokya Vocational School	SHY-147, SHY-UHU, SHT-1A, Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew, SHT-EGITIM/(HAD), Terminal Management
Türk Hava Kurumu University	SHT-1A, Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew, SHT-EGITIM/(HAD), SHT-17.2
Samsun University	SHY-147, SHT-1A, SHT-EGITIM/(HAD)
Maltepe University Vocational School	SHY-147 Accepted School, Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew, SHT-EGITIM/(HAD)
Ankara Yıldırım Beyazıt University	Circular on the Issuance of Basic Safety Training
Beykoz Logistic MYO	Circular on the Issuance of Basic Safety Training
Hasan Kalyoncu University	Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew, SHT-17.2
İstanbul Gelişim University	SHY-147 Accepted School, SHY-UHU
İstanbul Arel University Vocational School	SHT-EGITIM/(HAD)
İstanbul Aydın University	SHY-147 Accepted School
Uşak University	SHY-147 Accepted School
Ege University	SHY-147 Accepted School
Fırat University	SHY-147 Accepted School
Fatih Sultan Mehmet Vakıf University	Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew
İstanbul University	SHY-147 Accepted School
Erciyes University Civil Aviation Vocational School	SHY-147
Girne University	SHT-1A
Antalya Bilim University	SHT-1A
Istanbul Rumeli University	SHT-1A
Bahcesehir University	SHT-1A
Atılım University	SHY-147, SHT-1A
Gaziantep University	SHT-1A
Okan University	SHT-1A
Özyeğin University	SHT-1A

Higher education institutions are authorized by DGCA according to regulations such as Aircraft Maintenance Training Institutions Regulation (SHY-147), Flight Training Organization (FTO) and Authorization Principles Instruction (SHT-1A), Flight Dispatcher Licence Directive (SHY-UHU), Air Traffic Control Service Personnel Licencing and Rating Directive (SHY 65-01), SHT-EGITIM/HAD Airport Department Training Directive, SHT-EGITIM/HUD Air Transportation Department Training Directive, Circular on the Issuance of Basic Safety Training for Cabin Crew, Civil Aviation Security Training and Certification Directive (SHT-17.2). In addition to these regulations, there are various authorization regulations that are not directly related to basic aviation activities, such as the Language Adequacy Service Provider Authorization Instruction (SHT-1L-HS), and these regulations are not included in the research. The higher education institutions authorized by DGCA in 2017 and the regulations authorized by these higher education institutions can be seen in Table 1. According to the results obtained from this table, 25 of the 53 different higher education institutions are authorized [13].

3. Purpose of The Research

Along with the Turkish Civil Aviation Law, which was published in 1983, a number of aviation companies were established daily from 1983 with the steps to liberalize Turkish Aviation. Especially in the last 10 years, the need for qualified personnel (authorized, licenced) as has increased as a result of growth. To meet this need, many higher education institutions have been started civil aviation training since 1986. Trainings are ongoing in Department of Air Traffic Control, Department of Flight Training, Maintenance Services Departments, Cabin Services Departments and Department of Ground Operations and Business Management Services. Today, approximately 25000-30000 students continue their education in higher education institutions providing aviation education. In 2017, a quota for approximately 16000 persons has been opened in aviation departments of higher education institutions.

The purpose of this research, evaluate the opportunities for obtaining authorization for the Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics at the end of the research and to make suggestions. Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics has been chosen as the application area of the research. The main reason of this choice is the fact that the aviation training in this faculty continues from 1986 and the faculty has a systematic for trainings. Another reason is that there is no license and / or certification process for Aviation Management students. The limitations in this research are the regulations issued by DGCA and higher education institutions. Aeronautical schools (high schools) are not included because they are secondary education institutions.

4. Method of Research

In order to reach the purpose of the research, literature search was performed first. The data collection method used in the application part of the research is document review. The collected data in the research, directives, circulars, guidelines, etc. secondary sources. The collected data were analysed by secondary data analysis and supported by observations and interviews. Descriptive analysis has been used as a data analysis method in order to reveal the results obtained in the research in an organized and interpreted way.

5. Findings and Analysis

As a result of the research, Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics authorized by DGCA for SHY-147, SHT-1A, SHY65.01 (ESARR-5), SHT-EGITIM/HAD regulations. Department of Aviation Management of the faculty has not been authorized for any regulation but Department of Aviation Management can be authorized for SHY-UHU and SHT-EGITIM/HAD regulations.

According to DGCA's regulations, the personnel and students of Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics can obtain the License of Flight Dispatcher within the scope of SHY-UHU and the ground handling certificates of SHT-EGITIM/HAD by three different methods [13] [14].

- Authorization of Department of Aviation Management (Accreditation of the Department): This method aims at matching the course content of the Department of Aviation Management with the course content specified in the related regulation. Students can obtain a license / certificate as soon as they complete the courses in the department's catalogue without additional training.
- Authorization of the Faculty: In this method, the faculty can start the training as a separate course for students and staff, like a private training institution. One of the benefits of this method is the way the lead can reach the aviation sector and the third party. This method can be provided additional income to the faculty and this income can be used to ensure the continuity and development of the education program.
- Agreement with Private Institutions or Organizations: In this method, the faculty agrees with private institutions or organizations which are authorized by DGCA, for certification or licencing the students of Department of Aviation Management and staff. The protocol can include training of students, provision of training facilities and materials. There are disadvantages such as additional costs.

6. Implementation

6.1. Authorization of Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics in SHY-UHU

The personnel and students of Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics can obtain the License of Flight Dispatcher within the scope of SHY-UHU by three different methods. These methods are Authorization of Department of Aviation Management (Accreditation of the Department), Authorization of the Faculty, Agreement with Private Institutions or Organizations.

Authorization of Department of Aviation Management (Accreditation of the Department)

The main purpose of this method is to provide Aviation Management Department students with

the necessary training in order to obtain a License of Flight Dispatcher without any additional training and time-consuming, using the available resources and facilities, without additional workload on the trainers. In order to that, courses' contents in department's catalogue must be matched with courses' contents in ICAO Doc 7192-AN/857 PART D-3 Training Manual, and students' absenteeism must be followed. Besides this, all missing and / or incompatible documents, trainers, processes, procedures, systems etc. all areas should be renovated, corrected, changed.

Department of Aviation Management can be authorized by DGCA according to SHY-UHU and other reference documents like ICAO Annex-1 and ICAO Doc 7192-AN/857 PART D-3 Training Manual. All requirements for authorization are in SHY-UHU and these requirements can be grouped 4 main groups: "Organisation", "Facilities", "Training and Trainers" and "Quality System" [14].

In this method, the faculty provides all requirements, for example Quality System for Flight Dispatcher Trainings. Courses in the department are accredited according to ICAO Doc 7192-AN/857 PART D-3 Training Manual. Students are trained as "trainees without previous aviation experience". According to the data obtained in the research, the catalogue of the Department of Aviation Management matches to the content of the training in ICAO Doc 7192-AN/857 PART D-3. After the graduation, students are entitled to enter the Dispatcher License exams and are not entitled to additional costs[14].

Authorization of the Faculty for Flight Dispatcher Training Courses

This method can be used if the course catalogue of the department's cannot be matched with ICAO Doc 7192-AN/857 PART D-3 Training Manual. In this method, the faculty apply for authorization like the first method after the providing all requirements. This method can be thought as an application made by a private institution instead of accreditation of the department.

For the authorization, all requirements-facilities, organisation, quality system, training and trainers-, must be provided. For example, when requirements for training and trainers are considered, a separate

training program is prepared for the two types of candidates (trainees without previous aviation experience and trainees with previous aviation experience) indicated in the regulation. Trainings are held during summer months of every academic year. Thus, students who are graduated can participate in the training. In areas where an agreement with private institutions and/or organizations is deemed incomplete or inadequate, requirements such as training documents and instructors may be provided.

One of the other benefits of this method is trainings can reach the aviation sector and the third party. For example, an airline can buy a training service for its personnel. Basically, this method

allows aviation companies for outsourcing. With this method, the faculty gain additional income and this income can be used to ensure the for development and continuity of the training. Also, faculty’s staff can be trained with this method.

Agreement with Private Institutions or Organizations

Another method for Licencing the students of Department of Aviation Management is agreement with private institutions or organizations authorized by DGCA as Flight Dispatcher Training Organisations. Table 2 shows the organizations authorized by DGCA as Flight Dispatcher Training Organisations [12].

Table 2. Flight Dispatcher Training Organisations

Organisation’s Name	Authorization Number
Türk Hava Yolları A.O.	TR-TO (D) – 01
Duha Havacılık Ve Eğitim Hizmetleri Tic. Ltd. Şti.	TR-TO (D) – 02
HEM Havayolu Havaalanları Yer Hiz ve Araç Gereç Yazılım Eğitim	TR-TO (D) – 03
Onur Air Taşımacılık A.Ş.	TR-TO (D) – 04
Kapadokya University	TR-TO (D) – 06
İstanbul Gelişim MYO	TR-TO (D) – 07
Akademi Havacılık A.Ş.	TR-TO (D) – 08

Students who graduate from the Department of Aviation Management will be considered as " trainees with previous aviation experience" according to Article 21 (d) of SHY-UHU, so that the duration of training will decrease and the possibility of decrease in the cost to be paid for training will arise. Apart from that, the faculty has capacity and facilities for providing trainings. If the faculty offers its facilities in the agreements, the costs are bearded by both the students and the personnel of an airline or a private training organisation such as accommodation, transportation, etc. will decrease. But this method is a short-term solution because the faculty cannot be authorized. Those students who

cannot afford this training will not be able to benefit from this opportunity.

6.2. Authorization of Eskişehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics in SHT-EGITIM/HAD

With the scope of SHT-EGITIM/HAD Rev.1, DGCA authorizes organizations for Ground Handling, Heliports, Airport Standards and Safety, Terminal Operations, Fuel Services and Catering Services trainings. The higher education institutions authorized by DGCA under SHT-EGITIM/HAD Rev.1 can be listed as follows according to the education subjects they are authorized [14].

Table 3. Authorized Higher Education Institutions under SHT-EGITIM/HAD Rev.1

Trainings	Authorized Higher Education Institutions
Ground Handling	İlke Eğitim ve Sağlık Vakfı Kapadokya Vocational School THK University Ankara Vocational School İstanbul Arel University Vocational School Maltepe University Vocational School Program of Civil Aviation Management
Airport Standards and Safety	DHMI, Eskisehir Technical University İlke Eğitim ve Sağlık Vakfı Kapadokya Vocational School Ondokuz Mayıs University THK University Ankara Vocational School, Hasan Kalyoncu University
Terminal Operations	Eskisehir Technical University
Heliports	İlke Eğitim ve Sağlık Vakfı Kapadokya Vocational School

Table 4. Authorization and Certification Methods within SHT-EGITIM/HAD Rev.1

Method	Aim and Benefits
Authorization of Department of Aviation Management (Accreditation of the Department)	This method is aimed that the course contents on the catalogue of the Aviation Management Department are matched to the course content specified in the SHT-EGITIM/HAD regulation. Since the faculty is authorized under the same instruction, other requirements are considered to be completed. Students may obtain a certificate as soon as they complete the courses in the catalogue, without additional training. A separate examination can be made for the evaluation.
Authorization of the Faculty for Ground Handling Trainings	In this method, the faculty can start the training as a separate course for students and staff, like a private training institution. Faculty is authorized for Terminal Operations and Airport Standards and Safety trainings. This indicates that the basic requirements of the faculty are met. One of the benefits of this method is the way the lead can reach the aviation sector and the third party. This method can be provided additional income to the faculty and this income can be used to ensure the continuity and development of the education program.
Agreement with Private Institutions or Organizations	Another way for the to certify Department of Aviation Management students and faculty personnel within SHT-EGITIM/HAD, the faculty must agree with a special training institutions and/or ground handling companies authorized by the DGCA for the Ground Handling Trainings under SHT-EGITIM/HAD. The protocol includes training of students, provision of training facilities and materials.

When the authorized training list in DGCA (2017) is examined, it is seen that Eskisehir Technical University is authorized for Terminal Operations and all of the Airport Standards and Safety trainings stated in the SHT- SHT-EGITIM/HAD instruction.

This is the result that Eskisehir Technical University provides the authorization requirements (organization, facilities, trainers, etc.) within SHT-EGITIM/HAD. In this part of research, there is an implementation to Ground Handling Services Trainings certification for of students of Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics under the SHT-EGITIM/HAD by the methods specified in Section 5.

Within the scope of the research, Department of Aviation Management course catalogue and the training content in SHT-EGITIM/HAD have been compared for authorization of ground handling trainings. According to the result, Department of Aviation Management's catalogue matches with the regulation for Station Representation, Load Control and Communication, Station Supervision, Safety Management System and Passenger Services trainings and the department can be authorized for these trainings. However, some training contents and the catalogue does not match, for example Worldtracer and Travel Documents Trainings does not match with any course content of the department.

This fact is preventing the faculty from applying for accreditation of the department. The faculty can adapt the training content in SHT-EGITIM/HAD to the course content of the department for authorization or the faculty can start an additional training program, which is prepared according to the regulation, and train students and faculty staff. Additional training should be aimed at completing missing training content and incomplete course hours.

Except the first method, the faculty can train the students and staff after the authorization of the faculty, just like Airport Standards and Safety trainings. For implementing this method, the faculty must meet the training documents requirement mentioned in SHT-EGITIM/HAD because the faculty met all requirements except training

documents. And finally, the faculty can agree with a ground handling company for trainings as a certification method for students. If Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics applies for authorization of Permission Procedures trainings in SHT-EGITIM/HAD, the faculty does not have to apply authorization of Flight Permissions trainings in SHT-EGITIM/HAD.

The main reason of this fact is these trainings have the same training contents. Because of this reason there is no implementation for SHT-EGITIM/HAD in this research.

7. Conclusion

Special trainings are required to work in the aviation industry. These trainings are determined and regulated by aviation authorities. Aviation authorities published numerous regulations in particular in areas requiring expertise such as pilotage, air traffic control, flight dispatching, trainings, licensing requirements, training organisations, etc. Individuals trained according to these regulations are described as "qualified personnel".

In the last 10 years, as a result of growth of aviation sector, the number of higher education institutions which are offering education in aviation has increased in Turkey. However, most of the higher education institutions do not prepare their educational curricula according to the regulations of national and international authorities.

Therefore, the higher education institutions are not authorized by DGCA. Even if, these students graduate from higher education institutions, which are not authorized by the civil aviation authority, students cannot do their job because they haven't got a certificate or license in the field of aviation. As a result, companies employing these students who are trained in unauthorized educational institutions take on additional costs by taking their students training them again.

Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics authorized by DGCA for SHY-147, SHT-1A, SHY65.01 (ESARR-5), SHT-EGITIM/HAD regulations.

According to DGCA's regulations, the personnel and students of Eskisehir Technical University Faculty of Aeronautics and Astronautics can obtain the License of Flight Dispatcher within the scope of SHY-UHU and the ground handling certificates of SHT-EGITIM/HAD by three different methods, Authorization of Department of Aviation Management (Accreditation of the Department), Authorization of the Faculty, Agreement with Private Institutions or Organizations. These three methods have different requirements [14].

Authorization and licencing can be examined in various dimensions. Authorized higher education institutions prepare and update their courses according to international and national regulations. With the right organisational structure, if these institutions provide trainings to aviation sector they can provide additional income to the institutions and this income can be used to ensure the continuity and development of the education program.

As the training is carried out according to certain standards, the quality of training activities is increased. Students who are aware that they will get a license or certificate will start to approach the courses more differently and give more importance. Students may be expected to develop different attitudes because the subjects such as absenteeism, passing grade, examination procedure are regulated in these regulations.

It was also observed that in the interviews made with the students, the motivation of the students can be changed positively. This may be an important step towards reducing the fear of not being unemployed and increasing self-esteem. The businesses that will employ licensed students can benefit by not incurring additional training costs or by only bearing the costs for training that is needed.

Ethical Approval

Not applicable.

References

[1] TDK, "TDK", http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.G

TS. 59d94000ac5031.35202092. [Access Date: 26.09.2006].

[2] T.C. Dışişleri Bakanlığı, "T.C. Dışişleri Bakanlığı", http://www.mfa.gov.tr/uluslararasi-sivil-havacilik-orgutu-icao_tr.mfa. [Access Date: 17.11.2017].

[3] IATA, "IATA", <http://www.iata.org/about/Pages/history.aspx>. [Access Date: 2017].

[4] Wikipedia, "Wikipedia", https://en.wikipedia.org/wiki/International_Air_Transport_Association. [Access Date: 19.07.2017].

[5] SKYbrary Aviation Safety, "SKYbrary Aviation Safety", [http://www.skybrary.aero/index.php/European_Aviation_Safety_Agency_\(EASA\)](http://www.skybrary.aero/index.php/European_Aviation_Safety_Agency_(EASA)). [Access Date: 29.07.2014].

[6] Wikipedia, "Wikipedia", https://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Aviation_Administration. [Access Date: 12.07.2017].

[7] Wikipedia, "Wikipedia", https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocontrol#cite_note-1. [Access Date: 18.07.2017].

[8] EUROCONTROL, "EUROCONTROL", <https://www.eurocontrol.int/articles/who-we-are>. [Access Date: 2017]

[9] SHGM, "SHGM", <http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/1--tarihce>. [Access Date: 2014].

[10] SKYbrary Aviation Safety, "SKYbrary Aviation Safety", http://www.skybrary.aero/index.php/Personnel_Licensing. [Access Date: 15.09.2016]

[11] ICAO, "ICAO", https://www.icao.int/safety/airnavigation/NationalityMarks/annexes_booklet_en.pdf. [Access Date: 07.11.2019] (1974, Mart 22).

-
- [12] SHGM, "SHGM", http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/havacilik-isletmeleri/DISPEC_yetki_listesi.pdf. [Access Date: 06.07.2017].
- [13] SHGM, "SHGM", <http://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-isletmeleri/2067-yetkili-havacilik-egitim-kuruluslari>. [Access Date: 17.10.2017].
- [14] SHGM, "SHGM", http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/SHT-EGITIM_HAD_Rev.1.pdf. [Access Date: 07.08.2015].
- [15] SHGM, "SHGM", <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/yonetmelikler/SHY-UHU.pdf>. [Access Date: 16.03.2016].

The Effects of New Generation Technologies on The Sales and Marketing Strategies of Airline Companies - A case study in Turkey

Ömür METE^{1*} , Mertol İ. GÖKSOY² 

¹ Institute of Social Sciences, MA, Yeditepe University, Istanbul, Turkey

² Faculty of Commercial Sciences, Yeditepe University, Istanbul, Turkey

Abstract

Today, the use of the internet as a trading tool has led to the emergence of the concept of electronic commerce and mobile technology. The aviation industry has also adopted new technologies and has started to use it because of the fact that it is one of the leading sectors that use technology the most. The use of basing internet information technologies has a positive impact on distribution costs in airline sector. It has also given a new format to the relationships between intermediaries and customers. Airline companies also see this technology as an effective means of competition in Turkey and invest heavily in this area. It is predicted that mobile technology will shape the future of the aviation industry. This research was conducted as descriptive quantitative design aiming to determine that the effects of new generation technologies on sales and marketing strategies of the airline companies. 400 people, who participated in the survey developed by the researcher, formed the sample of the research in the Turkey. The results of the study indicate that the 18-35 (Generation Y) age group, which uses the technology and closely follows the discounts & the campaigns should be given importance in customer-oriented marketing activities. In addition, it is seen that finding reasonable tickets and saving time parameters are important for the customers and that the airline sales and marketing strategies will be shaped through the mobile in the future.

Keywords: Airlines, sales and marketing, information technology, electronic trade, mobile technology

1. Introduction

Rapid developments in the 21st Century in the field of technology have led to the reshaping of sales marketing strategies and activities of the companies

in this direction. The changes that occurred in internet applications, the specifications of social media sites and the mobile technology products

Corresponding Author: Ömür METE, omur_mete@hotmail.com

Citation: Mete, Ö., Göksoy, İ. M. (2020). The effects of new generation technologies on the sales and marketing strategies of airline companies J. Aviat. 4 (1), 115-125.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-9153-7385> ; ²<https://orcid.org/0000-0003-4816-2204>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.676580>

Received: 17 January 2020 **Accepted:** 30 May 2020 **Published (Online):** 22 June 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

enable the interaction between customers and businesses. Big data technologies have started to redraw the fate of all sectors in recent years. In fact, the airline industry is highly specialized in customer experience and loyalty programs. Because of the advantages offered by the internet and the new generation technologies, airline companies that want to create loyal customers have not been able to remain indifferent to advanced technology applications and have adapted to change. Airline operators can raise awareness of their brands and services through distribution channels, reduce their costs by using the latest technologies and perform marketing activities more effectively and efficiently. According to the ICAO's preliminary compilation of annual global statistics, the 4.1 billion airline passengers (2017) and 4.3 billion airline passengers were carried in 2018. This growth was 6.4 percent higher than 2017 [1]. Low-cost carriers made 8.7 per cent growth with estimated 1.3 billion passengers in 2018. According to the latest ICAO long-term air traffic forecasts, expected passenger growth is going to be about 10.0 billion by 2040 [2]. Important increases have occurred in aircraft, passenger and cargo transportation in recent years compared to world averages in Turkey. The total number of passengers increased by 461% to 193.576.844 million, aircraft traffic increased by 261% to 1.914.017 million and the total cargo amount increased by 251% to 3.481.211 tons in the last fifteen years. This growth rate continued as commercial passengers (210.947.639 million), aircraft traffic (2.017.220 million) and total cargo (3.855.231 tons) in 2018 [3]. According to the above data, the airline market has become more competitive with low cost carriers due to increased traffic volume and passenger demand. All these developments have led to the transition to the customer-oriented sales and marketing approach in the airline industry. Sales and production-oriented marketing concept has been abandoned by traditional airlines because the products presented in this way, no longer meet today's customer needs and expectations [4]. In this study; it was aimed to find the factors that influence the efforts to expand the sales-marketing network of airlines that use the latest technology marketing techniques and social media sites. Due to the fact that there are not a wide variety and rich researches in this field, I believe that it can contribute to literature.

Highlights

- Information technologies has a positive impact on distribution costs in airline sector.
- Mobile technology will shape future of the aviation industry
- The airline industry is highly specialized in customer experience and loyalty programs.
- Big data technologies have led to the transition to the customer-oriented sales and marketing approach in the aviation industry

2. Literature

In recent years, the use of technology in airlines and the proliferation of self-services have attracted scholars. It can be summarized some studies as follow.

Suki, N. M., & Suki, N. M. [5], this study aims to examine the intention of individuals to use such apps, and uses Structural Equation Modelling (SEM) to analyse the data gathered from individuals in Malaysia. Perceived usefulness represents maximum effect on individuals in respect of their intention to engage with such an app. offered on a mobile device. Due to intensive market competition, airline companies are enriching their business operations by offering flight ticket booking apps that can be downloaded on mobile devices. Airline companies should take into account of using interactive and attractive features of online channels in order to encourage more individuals to try their flight ticket booking apps on mobile devices, if they wish to become more competitive in the current market.

Amaro, S., & Duarte, P. [6], based on the Theory of Reasoned Action, the Theory of Planned Behaviour, the Technology Acceptance Model and the Innovation Diffusions Theory, this research paper submits and empirically tests an integrated model to investigate which factors affect intentions to purchase travel online. The experimental results, achieved in a sample of 1732 internet users show that intentions to purchase travel online are mostly determined by attitude, compatibility and perceived risk.

Oyewole, P., Sankaran, M., & Choudhury, P. [7], the aviation industry is actively adopting various forms of technological innovations. This study

analyze the impact of the use of Information Communication Technology (ICT) on passenger airline services in Malaysia. Airlines, travel agents, and passengers were reached through a questionnaire survey. The results show that the perception of the airlines does not match with that expressed by the travel agents and the passengers. While the airlines are thinking that ICT alone is enough to provide suitable services and customer satisfaction, the agents and passengers consider that ICT alone is not enough and that human interaction is necessary.

Forgas, S., Palau, R., Sánchez, J., & Huertas-García, R. [8], this study investigates passengers' loyalty to websites of airlines by analyzing differences among users belonging to the Y, X and baby boomer generations. The results show that to achieve users' loyalty for a company's site, it is necessary to first affective e-loyalty through e-trust, which is also positively influenced by offline perceived value, e-satisfaction, and indirectly by e-quality.

Jeon, H. M., Ali, F., & Lee, S. W. [9], this paper investigates customers' adoption and acceptance of smartphone apps to book their flight tickets. It includes 7 different variable: performance expectancy, effort expectancy, social influence, facilitating conditions, customers' innovativeness, customers' interest and perceived trust. Data were obtained from 369 customers who had booked their flight tickets via smartphone apps. Findings suggest that performance expectancy, facilitating conditions, customer innovativeness and perceived trust are positive and significant factor of customers' intentions to book their flight tickets on smartphone apps.

Gures, N., Inan, H., & Arslan, S. [10], because of the increasing importance of SST, many airlines have introduced Self-Service Technologies (SST) and encouraged their passengers to use these technologies more. In this survey, questionnaires were applied to the participants both online and face to face in various airports in Turkey. According to the analysis results, it was revealed that Y-Generation passengers have given preference to SST usage and experienced SST heavily during the pre-flight services. In addition, it was found that functionality, enjoyment and speed level of SST are important factors effecting Y-Generations' actual usage of SST.

Smit, C., Roberts-Lombard, M., & Mpinganjira, M. [11], this paper aims to determine passengers' level of technology readiness and its influence on their adoption of mobile self-service technologies in the airline industry of South Africa. Primary data were obtained from 315 respondents using a structured questionnaire. The sample is contained South African citizens who had travelled using an airline either domestically or internationally within the previous 12 months. Regression analysis was applied to test hypotheses posited in the study. The findings is indicated that airline self-service mobile application adoption is influenced by technology readiness, perceived ease of use and perceived usefulness. Also, both perceived ease of use and perceived usefulness are influenced by technology readiness; and perceived ease of use strongly influences perceived usefulness. In addition, effective communication aimed at increasing the perception that airline self-service mobile applications are easy to use is obligatory to rise the adoption of mobile applications in the airline industry.

3. Methodology

This research was conducted as descriptive quantitative design aiming to determine that the effects of new generation technologies on the sales and marketing strategies of airline companies.

A convenience sample is a type of non-probability sampling method where the sample is taken from a group of people easy to contact or to reach. For example, being at an airport or a tourism event and asking people to answer questions would be an example of a convenience sample. In this study, it has been tried to reach participants who have different demographic characteristic as possible by using non-probability sampling method. Non-probability sampling is a sampling technique where the odds of any member being selected for a sample cannot be calculated. In total 400 people, who participated in the survey developed by the researcher, formed the sample of the research in Turkey. First of all, a pilot application was done with 40 participants who are %10 of the total sample. As a result of the application, the participants' responses were evaluated and it was decided that the items on the questionnaire were understandable. The participant questionnaires in the pilot application were included in the sampling without any changes on the questionnaire items.

Afterwards, the questionnaires were presented to the participants via email, social media tools between 20th of October 2018 - 26th of November 2018. After the missing questionnaires were excluded from the study, a total of 400 questionnaires was taken into consideration. The survey prepared by the researcher contains 20 items. The first 6 items of the survey are prepared for the descriptive characteristics of participants and include questions about age, gender, educational status, sector of employment, residence city and monthly income level. In the next 14 items on the survey are prepared to determine levels of ownership of technological tools and usage levels of the internet based technologies in the purchasing process of airline service. In order to determine the factors affecting the sales and marketing techniques with the effect of technology in airline management, all of the data collected in the study were analyzed with SPSS 23 Statistical Program. Based on the structure and objectives of the data collected for the research, two statistical techniques were applied.

These;

The frequency, percentage distributions and descriptive statistics were examined in order to examine demographic characteristics of the airline customers, levels of ownership of technological tools and usage levels of tech devices in their journeys.

The Chi-square test was applied for the categorical data to compare the levels of ownership of technological means and the use of these technological means in their travels based on the demographic characteristics of the airline customers. Parametric t-test, one-way analysis of variance and correlation analysis were used for the continuous data, when the normality distribution assumption was provided.

All statistical analyses were based on $p < .05$ significance level in differences between the groups and the relationships between the variables.

4. Finding and Discussions

The first 6 items of the questionnaire applied to 400 people in the scope of the research were aimed to define the demographic data of the participants who answered the questionnaire. The demographic

characteristics of the participants were presented in Table 1.

Table 1. Demographic Characteristics of The Participants (N=400)

Demographics Characteristics	Groups	N	%
Age	18-24	60	15.0
	25-34	112	28.0
	35-44	113	28.2
	45-54	68	17.0
	55 and over	47	11.8
Gender	Female	196	49.0
	Male	204	51.0
Education	Up to high school (12 th grade)	54	13.5
	College & Undergraduate	223	55.8
	Graduate	123	30.8
Working Status	Student	44	11.0
	Public Sector	89	22.3
	Private Sector	209	52.3
	Retired & Other	58	14.5
Monthly Income	2.000 TL and less	69	17.3
	2.001-5.000 TL	180	45.0
	5.001-7.000 TL	62	15.5
	7.001-10.000 TL	41	10.3
	10.001 TL & over	48	12.0

In 7 - 20 items on the survey, it is explained to determine levels of ownership of technological tools and usage levels of the internet based technologies in the purchasing process of airline service. The obtained results were presented in Table 2-7 and Figure 1-2.

Also, it has been examined whether ownership of technological device and usage levels of current device vary according to demographic characteristics of airline customers. Age, working status and monthly income variables were regrouped for some analysis.

5. Conclusion

Aviation firms prefer to uniformity in accessing the technology, tariffs and services they use; but the firms go towards differentiation in terms of service conception. According to the research of Canoz [12], it has been concluded that “the image is important with the ease of access to prices, tariff, comfort and services in order to be differentiated and preferable in the service delivery of airline

companies’’. The development of the internet in the last 15 years has had a positive impact on sales and marketing activities. In order to determine the sales and marketing strategies in terms of the airline, the customer profiles give important clues. Airline companies sell service-oriented and non-stockable products. Today, customer-oriented sales and marketing activities have to be carried out because of developing technology and high customer expectations. The customers’ needs and expectations have to be analyzed very well and have to be offered services in that way. As a result of the field survey applied, it was found that the passengers using the airline differed in terms of various characteristics. In line with the findings of the survey applied, it is possible to summarize the results in terms of airline companies as follows:

Airline companies use direct and indirect distribution channels in the process of delivering their services to their customers. Direct distribution channels used by airline companies include their own ticket selling and reservation offices, corporate websites, automatic ticket selling machines, call center units. According to the research of Gun [13], it has been concluded that “nowadays, the rapid development of the internet has led to serious changes in the air transport sector and the internet has become an important direct distribution channel option among the airline companies’’. The following findings that are considered important related internet and mobile: According Statista 2018 data [14], digital travel sales performed via the internet are expected to be 817 billion dollars in 2020, compared to 694 billion dollars in 2018 in the world. The turnover of mobile sales, which have more than 100 billion dollars of turnover in the online travel market is expected to exceed 200 billion dollars by the year 2020. According Deloitte 2017 Global Mobile market research [15], 92% of turkish users had the smart phones, 81% of users had the laptop computers and 63% of them have stated that they had access to the tablet.

Table 2. Frequency and percentage distributions of device ownership and devices used to buy flight tickets (N=400)

Devices used to buy flight ticket (while planning a travel online)*	n	%
Smartphone	334	83.5
PC	260	65.0
Tablet	62	15.5
Other	9	2.3
Distribution of device ownership *		
Smartphone	394	98.5
Computer	346	86.5
Tablet	171	42.8
Other	54	13.5
None	2	0.5

*Participants were able to mark multiple options

According our research study in 2018, table 2 shows that 98.5% of the participants stated that they had smartphones and 86.5% of them had laptop access. Considering the socioeconomic status of participants in the survey, 83.5% of the participants stated that they use their smart phones to buy the flight tickets. The smartphones with a such universal ownership became to be the most effective weapons in the digital space. The age group of 18-34 prefers mobile phones more than the computers compared to the age group of 35-50. While 19% of the users were using smartphones to make purchases on the internet in 2015, this rate increased to 38% in 2018.

Table 3. Frequency and percentage distributions of yearly flying frequency of the airline customers and the last time purchasing flight tickets from an agency /office (N=400)

Yearly flying frequency	Frequency	Percentage (%)
Less than 5 times	214	%53.5
5-10 times	98	%24.5
11-15 times	28	%7
16-20 times	26	%6.5
More 21 times	34	%8.5
The last time purchasing flight tickets from an agency	Frequency	Percentage (%)
A week before	21	%5.3
A month before	41	%10.3
3-6 months before	71	%17.8
More than a year	100	%25.0
Never	167	%41.8

*Participants were able to mark multiple options

Table 3 shows that 41.8% of the participants indicated that they did not go to the agency/office any time. In total, 61.8% of the passengers that they did not buy any tickets from the agency/office for more than a year.

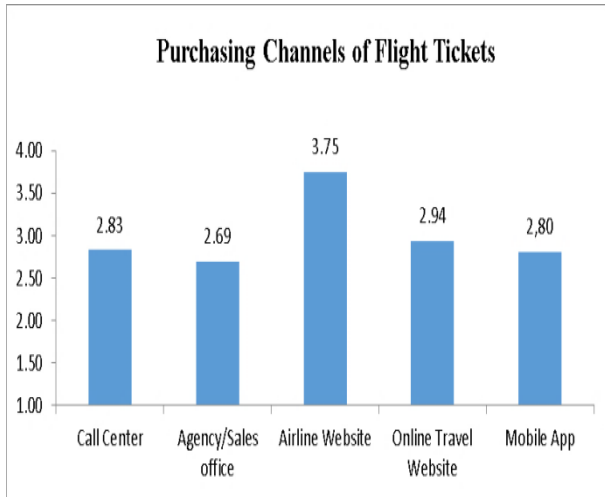


Figure 1. Purchasing channels preferred by the airline customers

Fig. 1 shows that the most preferred purchasing channels were Airline websites, mobile applications and OTA sites. Overall, 72.5% of the purchase channels that used as the first choice channels were online channels. The businesses are able to provide services such as online ticket sales and reservations through the website easier, at less cost and without time shortages. In the same way, customers can save money, time and energy through these services. According to the research of Abca [16], it has been concluded that “airline web sites have a very important role in reaching the customer and ensuring customer loyalty and customer's easy and fast access to the airline's website provides a great benefit both for the time and cost”. In this sense, websites are definitely the most efficient tool for customers to reach and see their services.

Table 4. Frequency and percentage distributions for the reporting channels of problems about flight/travel (N=400)

Reporting channels preferred for problems*	Frequency	Percentage (%)
Call center	277	%69.3
Sales office	55	%13.8
Web site	153	%38.3
Mobile	94	%23.5
Social media channels	52	%13.0
No problem	78	%19.5

Table 4 shows that when the customers have problems in their travels, %69.3 of them stated that use the call center as complaint channel. It is revealed that call centers play an important role for customer satisfaction and after sales support. Today, the customers do not want to depend on people when buying services, but they look to contact with human beings when they have any problem.

On the other hand, it was found that only education background significantly affects problem reporting channels about travelling via call center ($X^2=15.03$, $df=2$, $p=.001$). A post-hoc residual analysis reveals that, proportionally, customers who have got college/undergraduate and graduate degree were reporting problems about travel via call center significantly more than customers who have got high school degree.

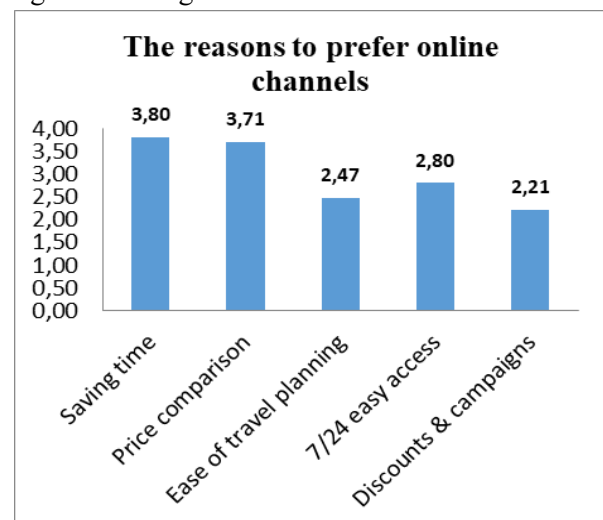


Figure 2. The reasons for preferring online channels when buying a flight ticket

The profile of today's passengers is constantly moving and consist of passengers with limited time. In this research, Fig 2 shows that saving time and price comparison among the reasons of why online channels are preferred are at the top of the list. Post-hoc Scheffe test indicates that, discounts and campaigns[$F(3, 396)=3.42, p=.017$] are followed more by young passengers ($M=2.52$ and $M=2.43$ respectively) than older passengers ($M=2.08$ and $M=1.99$ respectively). Airline companies should design more useful interfaces and strengthen their market share by offering affordable price options. In light of these developments, airlines should be canalized to direct distribution, which enables direct relationships with customers in order to compete with other businesses and to reduce distribution costs. For this reason, it is seen that airline companies offer the opportunity to choose the extra service options they want with some discounts to passengers using online channels.

Nowadays, technology is developing rapidly, customer preferences are changing and competition between airlines is increased. By analyzing the research data of the customers, arranging new routes and offering special campaigns to the demands of the passengers, airline companies can increase their annual sales. As a result of this situation, airline companies are directed to alternative distribution channels. Now, the customers want to choose the suitable travel preferences from his / her home or office and prefer the airline companies that offer this opportunity. In the study, table 5 shows that more than half of the airline passengers are surely buying extra services with their flight tickets. A post-hoc residual analysis shows ($X^2=10.63, df=3, p=.014$) older male customers (between age 35-44 and $45 \geq$) rent cars significantly more than young customers (between age 18-24 and 25-34). 93.3% of the passengers prefer credit card as their method of payment. The primary purpose of airline companies should be to offer a full range of attractive offers by developing current sales strategies.

Table 5. Frequency and percentage distributions of services bought with flight ticket and payment methods

Services bought when buying a flight ticket *	Frequency	Percentage (%)
Rent a car	91	22.8
Accommodation	98	24.5
Insurance	83	20.8
Additional services (Additional luggage right, dinning in the cabin etc.)	101	25.3
Duty Free	15	3.8
None	173	43.3
Means of payment for buying flight tickets and additional services*		
Cash	52	13.0
Credit Card	373	93.3
Mobile payment/electronic wallet	52	13.0
EFT	21	5.3

Table 6. Levels and purposes of participants using mobile / web tools when purchasing airline services (N=400)

Levels and purposes of participants using mobile / web tools when purchasing airline services	Frequency	Percentage (%)
<u>Do you think the use of mobile / web tools has a positive impact on the Airline service purchase process?</u>		
Yes	386	%96.5
No	14	%3.5
<u>On which trips do you buy your flight ticket by using web / mobile?*</u>		
Business	178	%44.5
Vacation	303	%75.8
Visiting relatives	152	%38.0
Education	54	%13.5
Other	44	%11.0
Never use Web/mobile	46	%11.5
<u>How often do you use mobile applications of airline companies?</u>		
Never	85	%21.3
Rarely	117	%29.3
Regularly	120	%30
Often	78	%19.5
<u>For what purpose do you use mobile applications of airline companies?*</u>		
Checking a journey	169	%42.3
Making a reservation	159	%39.8
Purchasing a ticket	267	%66.8
Check-in	226	%56.5
Boarding pass	92	%23.0
Never use	82	%20.5

*Participants were able to mark multiple

Table 6 shows that the market of airline companies operating in Turkey are leisure travelers. 75.8% of the respondents said that the tickets they bought using Web / Mobil were for holiday purposes. By using the internet as a distribution channel, it is possible to provide personalized services. The distribution with the internet has been shown to

significantly reduce the costs of airlines. According to the study, more than half of current airline customers are using mobile applications in order to plan travel, check in and purchasing tickets. A post-hoc residual analysis shows passengers over 35 years old fly more than younger passengers in different age groups ($X^2=14.22, df=6, p=.048$).

As an additional means of expanding direct distribution, airline companies can also increase the rate of use of the automated ticket machines and should develop artificial intelligence and virtual reality applications besides mobile apps.

Meanwhile, automatic ticket and check in machines not only in the airports, but also can be generalized in city centers. However, in order to be successful with this method and to create customer loyalty, airline operators must give great importance to the correct operation of the system. Airline operators that adopt the direct distribution method need to make their services adequately marketing and inform potential customers about these services. In detail, the airlines need to analyze the behavior of consumers who tend to shop online. The steps taken to eliminate the environment of insecurity play a critical role for the customers who experience the problem of trust. Reliable payment system, continuous information, after-sales feedbacks and direct and sincere communication with consumers are very important. According to the research of Aksoy [17], It has been concluded that “the trust plays a key role in the development of electronic markets and marketing practices”. In an increasingly competitive environment, the use of the price which as the only competitive tool has become inadequate. The customers also began to give importance to other variables than price. In the future, Turkish civil aviation is expected to grow due to economic changes. The results of the study remind us that customer-oriented marketing activities should be carried out with from end to end service concept by analyzing big data technologies in detail. In these analyzes, attention should be given to the customers between 22-36 ages called Y generation. According to the research of Yuksekbilgili [18], it has been concluded that “they follow and use the technology closely and the internet is the most important areas of communication for them”.

Table 7. The correlation between airline ticket purchasing channels and reasons to choose them

Variable	Reasons to choose flight ticket purchasing channel					
		Saving time	Price comparison	Ease of travel planning	7/24 easy access	Discounts and campaigns
Flight ticket purchasing channels	Call center	<i>r</i> .104*	-0.075	.300***	.185***	.118*
		<i>p</i> 0.038	0.133	0.000	0.000	0.019
	Agency/sales office	<i>r</i> 0.001	-0.038	.326***	-.222***	-0.043
		<i>p</i> 0.981	0.444	0.000	0.000	0.391
	Airline web site	<i>r</i> 0.054	0.011	.263***	.148**	0.033
	<i>p</i> 0.282	0.822	0.000	0.003	0.516	
	Online travel sites	<i>r</i> .122*	.161**	0.078	0.021	0.023
		<i>p</i> 0.014	0.001	0.121	0.672	0.651
	Mobile app	<i>r</i> 0.035	0.038	.276***	.221***	0.095
		<i>p</i> 0.490	0.444	0.000	0.000	0.058

p*.05, *p*.01, ****p*.001

Table 7 shows that;

Buying a ticket from call center and ease of travel planning (*r*=.300, *p*<.001), 7/24 easy access (*r*=.185, *p*<.001) and discounts and campaigns (*r*=.118, *p*=.019) were positively correlated.

Buying a ticket from the agency / sales office and ease of travel planning (*r*=.326, *p*<.001) were positively correlated while with 7/24 easy access (*r*=-.222, *p*<.001) was negatively correlated.

Buying a ticket via the airline web site and ease of travel planning (*r*=.263, *p*<.001) and 7/24 easy access (*r*=.148, *p*=.003) were positively correlated.

Buying a ticket via online travel sites and saving time (*r*=.122, *p*=.014) and price comparison (*r*=.161, *p*=.001) were positively correlated.

Buying tickets via a mobile app and ease of travel planning (*r*=.276, *p*<.001) and 7/24 easy access (*r*=.221, *p*<.001) were positively correlated.

Table 8. Chi-square analysis of frequency of using an airline application by yearly flying frequency

Variable	Group	Frequency of using an airway application				Total	Chi-Square			
		Not using	Very seldom	Using	Often using		χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	
Yearly flying frequency	>5	66	74	59	13	214	85.13	6	0.000***	
	5-10	13	28	32	25	98				
	times	11 ≥	6	15	29	40				88
	Total	85	117	120	78	400				

****p*<.001

Table 8 shows that customers with different yearly flying frequency were significantly difference on to frequency of using an airline application ($\chi^2=85.13$, *df*=6, *p*<.001). A post-hoc residual analysis reveals that, proportionally, those customers who use the airline apps. regularly or often fly more frequently than the customers who do not use airline application or use very seldom.

According Sita 2019 Passenger IT Insights Survey [19], IT spend is expected to reach 40 billion dollar by airline CIO's. It is seen that major investment priorities are cloud computing, cybersecurity, passenger mobile services, data centers and business intelligence – technologies for airline companies and airports. Ownership rates of this kind of programs by airlines are more than % 95. That means digital transformation. There is a similar evolution in the passenger mobile applications.

Check-in and mobile boarding apps. became to be universal and airlines are focusing personalized services as well as artificial intelligence (AI)-driven chatbot services. Today's key applications (virtual agents, chatbots, and predictive analytics) became to be more important. Also, airline companies make invest to provide more mobile service for passenger flow management. It is getting more reputable that to provide wait time information, self boarding automation and bag tracking services to passengers via mobile apps. in pre-boarding process. Also, airlines became to use data lake strategy to perform artificial intelligence. All of emerging tech investments made and personalized services offered by airlines are for passenger satisfaction and loyalty.

The data of Sita 2019 global passenger survey fully support to subject of research paper and findings found, too.

Finally, it is a fact that finding reasonable tickets and saving time parameters are very important for the customers and the airline sales and marketing strategies will be shaped through the mobile in the future.

Ethical Approval

Not applicable.

References

- [1] ICAO. (2017). Annual Report / The World of Air Transport in 2017. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/the-world-of-air-transport-in2017.aspx> (accessed 15 January 2018).
- [2] ICAO. (2018). Annual Report. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/the-world-of-air-transport-in-2018.aspx> (accessed 15 November 2019).
- [3] General Directorate of State Airports Authority. (2017). Activity report 2017. Retrieved from <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/DosyaYoneti miList/Attachments/49/2017%20Faaliyet%20Raporu.pdf>. (accessed 05 April 2018).
- [4] Onen, V. (2016). Content analysis, strategic management and marketing mix differences between traditional airlines and low cost airlines, comparison of THY and Pegasus. *International Journal of Academic Value Studies*, 2 (6): 63-94.
- [5] Suki, N. M., & Suki, N. M. (2017). Flight ticket booking app on mobile devices: Examining the determinants of individual intention to use. *Journal of Air Transport Management*, 62, 146-154.
- [6] Amaro, S., & Duarte, P. (2015). An integrative model of consumers' intentions to purchase travel online. *Tourism management*, 46, 64-79.
- [7] Oyewole, P., Sankaran, M., & Choudhury, P. (2008). Information communication technology and the marketing of airline services in Malaysia: A survey of market participants in the airline industry. *Services Marketing Quarterly*, 29(4), 85-103.
- [8] Forgas, S., Palau, R., Sánchez, J., & Huertas-García, R. (2012). Online drivers and offline influences related to loyalty to airline websites. *Journal of Air Transport Management*, 18(1), 43-46.
- [9] Jeon, H. M., Ali, F., & Lee, S. W. (2019). Determinants of consumers' intentions to use smartphones apps for flight ticket bookings. *The Service Industries Journal*, 39(5-6), 385-402.
- [10] Gures, N., Inan, H., & Arslan, S. (2018). Assessing the self-service technology usage of Y-Generation in airline services. *Journal of Air Transport Management*, 71, 215-219.
- [11] Smit, C., Roberts-Lombard, M., & Mpinganjira, M. (2018). Technology readiness and mobile self-service technology adoption in the airline industry: An emerging market perspective. *Acta Commercii*, 18(1), 1-12.
- [12] Canoz, N. (2017). Türkiye'deki havayolu işletmelerinin hizmet anlayışlarının belirlenmesine yönelik bir araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 20(2), 192-205.
- [13] Gun, D. (2001). Havayolu İşletmelerinde Dağıtım Kanalları ve Bilgisayarlı Rezervasyon Sistemleri Türkiye Uygulaması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir*.
- [14] Statista. (2018). Digital travel sales worldwide from 2014 to 2020. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/499694/forecast-of-online-travel-sales-worldwide> (accessed 10 May 2018).
- [15] Deloitte. (2018). Global mobile consumer trends 2017. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/il/en/pages/techn>

- ology-media-and
telecommunications/articles/global-mobile-
consumer-survey.html (accessed 10 April
2018).
- [16] Abca, A. (2008). Elektronik Ticaretin
Havayollarına Etkileri ve Türkiye'deki
Havayollarında Elektronik Ticaretin
Etkilerinin Araştırılması. Anadolu
Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil
Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı. Master
Degree Thesis. Eskişehir.
- [17] Aksoy, R. (2006). Bir pazarlama değeri olarak
güven ve tüketicilerin elektronik pazarlara
yönelik güven tutumları. ZKÜ Sosyal
Bilimler Dergisi, 2(4), 79-90.
- [18] Yüksekbilgili, Z. (2015). Türkiye'de y
kuşağının yaş aralığı. Elektronik Sosyal
Bilimler Dergisi, 14 (53), 259-267.
- [19] Sita. (2019). Air Transport IT Insights 2019.
Retrieved from
[https://www.sita.aero/resources/type/surveys-
reports/air-transport-it-insights-2019](https://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/air-transport-it-insights-2019)
(accessed 6 April 2020).

Hava Yolu İşletmelerinde Uçuş Güvenliği Uygulamaları ve İyileştirme Önerileri

M.Melih BAŞDEMİR^{1*} 

Türk Hava Yolları, Uçuş İşletme Başkanlığı, İstanbul, Türkiye

Özet

Uçuş operasyonlarının en önemli amacı uçuşları etkin ve emniyetli bir şekilde yerine getirmektir. Uçuş etkinliğini ve emniyetini yerine getirebilmek için güvenlik ve emniyeti kavramları her zaman önemli bir rol oynamaktadırlar. Havacılık endüstrisi için her zaman var olması gereken bu iki kavramdan uçuş güvenliği; uçuşun başlangıcından sonuna kadar uçuşu terör, saldırı, müdahale, vb. her türlü tehdide karşı korumak, uçuş emniyeti ise uçuş boyunca uçuş sistemleri ve uçuşun yapıldığı ortamlarda belirlenmiş kurallara uygun olarak uçulmasını sağlamaktır. Bu çalışmada uçuş güvenliği incelenmiş ve hava yolu şirketlerinde uçuşların daha güvenli bir şekilde yerine getirilebilmesi için yapılması gerekenler belirlenmiştir. Araştırma kapsamında nitel araştırma yöntemi tekniklerinden arşiv taraması ile veri toplanmış ve daha sonra elde edilen bulgular doğrultusunda hava yolu çalışanlarının güvenlik dokümanlarına ithal edilmek ve kurumsal düzeyde uçuş güvenliğini arttırmak amacıyla bir öneri seti hazırlanmıştır. Bu kapsamda, öncelikle ICAO ve havayolu şirketleri tarafından kullanılan uçuş güvenliğine ilişkin kural ve yönetmelikler incelenmiş, sonrasında ise 2001-2017 yılları arasında meydana gelmiş olan uçuş güvenliğini zedeleyici terör eylemleri taranarak içerik analizleri yapılmıştır. Bu inceleme ve analizlerin sonrasında ise yapılması gerekenler anlatılmıştır. Bu çalışmadaki ana amaç ‘hava yolu şirketlerinde uçuş güvenliği daha etkin bir şekilde nasıl sağlanır’ sorusuna bir öneri seti ile cevap aramaktır. Çalışmanın hava yolu işletmelerindeki uçuş güvenliği uygulamalarına yeni bir bakış açısı kazandıracığı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Yolu İşletmeleri, Uçuş Güvenliği, Uçuş Emniyeti, Terörizm, Uçuş Operasyonları.

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Dr. Kaptan ve Öğretmen Pilot, M.Melih Başdemir, mbasdemir@thy.com
Citation/Alıntı: Melih M. Başdemir, (2020). Hava Yolu İşletmelerinde Uçuş Güvenliği Uygulamaları ve İyileştirme Önerileri J. Aviat. 4 (1), 126-146.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8380-2700>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.731513>

Gelis/Received: 3 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 21 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 23 Haziran 2020

Copyright© 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

Flight Security Applications in The Airline Companies and Practical Recommendations

Abstract

Flight Operations' sole objective is to ensure effective and safe flights. In order to fulfill this objective, flight safety and security should be enhanced by all means. Flight security, which is an indispensable concept of the aviation industry along with its brother term of flight safety, means to protect the flights from all kinds of threats, such as terrorist attacks, assaults and intrusions, while flight safety is to ensure flights to be conducted in accordance with rules and procedures. In this paper, flight security is investigated, and things to be done for more secure flights are found out. For the sake of the research, a qualitative method based on archival data gathering technic is used. Findings after the data analysis are used to form a set of security improvement recommendations for the airline companies. Within this scope, initially, flight security procedures outlined by ICAO and implemented by the airline companies are investigated, then terrorist attacks occurred between 2001-2017 are thoroughly screened whereby a content analysis is conducted. After these analyses and investigations, things to be done to improve the flight security is listed. The primary objective of this research is to seek an answer to the question of "how can the airline companies improve the flight security within the flight operations" with the help of a practical recommendations set. It is hoped that this study will augment a new perspective to the context of flight security.

Key Words: Airline Companies, Flight security, Flight Safety, Terrorism, Flight Operations.

1. Giriş

Havacılık Endüstrisi, bilindiği gibi sürekli bir gelişim halindedir. Ekonomik olarak karlı olma amacını güden havayolu şirketleri, aynı zamanda emniyetli ve güvenli uçuş operasyonları yapmak zorundadırlar. Şirketlerin güvenlik ve emniyet bakımlarından kusursuz olmaları doğrudan şirketlerin ekonomik zenginliklerini etkilemektedir. Bu sebepten dolayı şirketlerin güvenlik ve emniyet politikalarının incelenmesi ve havacılık endüstrisinin daha güvenli bir şekilde faaliyet göstermesi için yapılması gerekenlerin aranmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Uçuş operasyonlarında sürekli olarak karıştırılan iki kavram bulunmaktadır: Emniyet ve Güvenlik. Uçuş emniyeti bir uçuşun bir noktadan diğerine herhangi bir kaza ya da olayla karşılaşmadan, can ve mal kaybı yaşanmadan yerine getirilmesini ifade eder [1]. Uçuş güvenliği ise taşınan kargo ve yolcunun herhangi bir zarar görmeden, fiziki, siber ve diğer her türlü tehditten korunmuş bir şekilde uçuşun yerine getirilmesini anlatır [2].

Güvenlik kavramı hava yolu şirketlerinde ulusal ve uluslararası mevzuat gereği standartlara bağlanmıştır. Bu kapsamda, Uluslararası Sivil Havacılık Kuruluşu- International Civil Aviation Organization (ICAO) tarafından oluşturulmuş ICAO SARP (Standards and Recommended Practices) Annex 17 "Security" dokümanı en

önemli dokümandır [3]. Türkiye'nin Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı- European Aviation Safety Agency (EASA)'ya uyum sürecinde dikkate aldığı dokümanlar içinde AB Komisyonu'nun Uçuş Güvenliği konusunda Regulation EC No 300-2008 da [4] önem taşımaktadır. Ulusal mevzuatta da SHT (Sivil Havacılık Talimatı)-17- Havacılık İşletmeleri Güvenlik Yönetmeliği ve Organizasyonu [5] ile sivil havacılık güvenliğini, uluslararası standartlar ve kurallar çerçevesinde sağlamak amacıyla hazırlanıp, 24 Aralık 1996 tarihinde İçişleri ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından imzalanarak yürürlüğe giren Milli Sivil Havacılık Güvenlik Programı (MSHGP) bulunmaktadır [6]. Hava yolu şirketleri de bu mevzuat doğrultusunda pilotlara yönelik olarak Operational Manual Part A, kabin ekibine yönelik Cabin Crew Manual (CCM) ve yer personeline yönelik Ground Operation Manual (GOM) dokümanlarında uçuş güvenliği ile ilgili bölümleri bulundurmaları zorundadırlar. Hava yolu şirketlerinin güvenlik uygulamaları bu çerçevede şekillenmektedir.

Uçuş operasyonlarındaki güvenlik konusu bu çalışmada "nitel analiz" yöntemi kullanılarak araştırılmaya çalışılmıştır. Nitel yöntem kapsamında ihtiyaç duyulan veriler "güvenlik açıkları ve terör eylemleri" hakkında kapsamlı bir "arşiv taraması" ile elde edilmeye çalışılmıştır. Bu

şekilde elde edilen veriler, uçuculuk mesleğinin içinde olmanın verdiği “gözlemlene ve prosedürleri uygulama” avantajı sayesinde yorumlanmaya çalışılmıştır. Arşiv taraması yapılırken aynı zamanda havacılık güvenliği mevzuatı ve örnek terör olayları konusunda da derin bir şekilde ilgili literatür incelenmiştir. Bu incelemeler sonrasında elde edilen verilerle güvenlik uygulamalarına yönelik bir içerik analizi yapılmış ve saptanan bulguların bir “havacı gözüyle” yorumlanmasından sonra hava yolu şirketlerindeki uçuş güvenliğinin iyileştirilmesine ilişkin bir öneri seti hazırlamaya çalışılmıştır.

Araştırmanın alanı olarak hava yolu işletmeleri belirlenmiş, çalışmanın öncelikle tanımlayıcı (descriptive) olması ve bu tanımlamalar ve tespitler sonrasında hava yolu işletmelerinin güvenlik dokümanlarına yönelik önerilerin sunulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, öncelikle uçuş güvenliği konusunun uygulayıcı konumunda olan havacılık şirketleri, havaalanı güvenlik birimleri, pilot ve kabin memurları tarafından mevcut mevzuat doğrultusunda nasıl yapıldığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu süreçte ağırlık, mevcut uçuş güvenliği dokümanlarını taranmasına ve güvenlik zafiyeti sonrasında meydana gelen “terör olaylarına” verilmiştir. Böylelikle, uçuş güvenliğinin tam olarak algılandığı ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik bir süreç izlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlarla havayolu şirketlerinin uçuş operasyonlarında güvenliğin “daha iyi nasıl” sağlanır sorusuna cevap aranmaya çalışılmıştır.

Genel olarak, uçuş güvenliği dokümanlarına yapılan güncellemeler ağırlıklı olarak reaktif, diğer bir ifadeyle meydana gelen güvenlik olaylarının değerlendirilmesi sonucunda “etki-tepki” yolu ile gerçekleşmektedir. Ancak, güvenlik konusunun akademik bir bakış açısıyla mevcut uygulamaları değerlendiren ve meydana gelen güvenlik olaylarının önlenmesine yönelik bir “proaktif” yöntemle ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda, uçuş güvenliği literatürüne, uçucu bir gözle fark edilen güvenlik aksaklıklarının tespitinin ve mevcut güvenlik mevzuatının akademik olarak incelenerek güvenlik dokümanlarına güncelleme

sağlanmasının katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bu katkıdaki en orijinal durumun akademik yaklaşımla yapılan bir araştırmanın uçucu gözüyle yorumlanması olduğu düşünülmektedir. Buradan hareketle, çalışmanın asıl amacı hava yolu işletmelerinin güvenlik dokümanlarına ithal edilmek üzere hazırlanacak bir öneri setinin oluşturulması olarak belirlenmiştir.

Bu araştırma aynı zamanda uçuş güvenliğinin uçuş emniyetini tamamlayan bir etken olduğunu da ortaya çıkarmaya çalışmıştır. Bu kapsamda günümüzdeki uçuş güvenliği uygulamaları ayrıntılı bir şekilde teorik ve pratik düzeylerde incelenmiştir. Öncelikle uçuş operasyonlarında ICAO Uluslararası Sivil Havacılık Kuruluşu- International Civil Aviation Organization (ICAO) ve ulusal (Türkiye’de SHGM) otoriteler tarafından belirlenmiş “güvenlik standartları” ele alınmış, bu standartların operatör konumunda olan havayolu şirketleri tarafından yapılan uygulamaları incelenmiştir. Daha sonra, terörist grupların havacılık endüstrisindeki güvenlik açıklarından faydalanarak 11 Eylül saldırılarından itibaren yaptıkları terör saldırıları bir arşiv çalışması şeklinde irdelenerek, uçuşlardaki güvenlik zafiyetleri anlatılmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın “uçuş güvenliği” alanına olan katkısının havayolu şirketlerinin uçuş güvenliği birimlerinde yer alan yönetici ve çalışanlarının, uçuş personelinin (pilot ve kabin görevlisi) güvenlik bilinçlerini arttırmak, mevcut güvenlik uygulamalarını anlamak ve bu uygulamaları daha iyi duruma getirecek prosedürlerin oluşturulmasını veya güncellenmesini sağlamak olacağı değerlendirilmektedir. Çalışmanın uçuş güvenliğini araştıran akademisyenlere ve güvenlik literatürüne, özgün ve uygulamaya yönelik bir perspektif sunacağı düşünülmektedir.

2. Çalışmanın Araştırma Yöntemi

Araştırmanın amacı, hava yolu işletmelerindeki güvenlik uygulamalarını iyileştirmek için hava yolu şirketlerinde çalışan güvenlik çalışanlarının, yöneticilerin ve pilot ve kabin görevlilerinin uçuş dokümanlarının güvenlik bölümlerine ithal edilmek ve kurumsal seviyede farkındalık yaratmak üzere bir “uçuş güvenliği öneri seti” oluşturmaktır. Bu

amaca ulaşmak için nitel araştırma yöntemlerinden arşiv tarama ve örnek terör olaylarıyla ilgili yapılan incelemeler yolu ile veri toplanmaya çalışılmıştır. Bu verilerin içerik analizi yapılarak yorumlanmasında ve bulguların oluşturulmasında araştırmacının havacılık sektörü içinde olmasının da faydası olmuştur.

Bilindiği gibi nitel veriler, bir konuyu ölçmekten ziyade tanımlamaya çalışan bilgileri ayrıntılı bir şekilde toplayan izlenimler, görüşler ve fikirlerden oluşur [7]. Nitel araştırma ile var olan bir sistemde ya da uygulamada nelerin gözden kaçırılmış olduğu, mevcut duruma *iyileştirme yapmak için* nelerin yerine getirilmesi gerektiği sorularına cevap aranmaya çalışılmaktadır [8]. Nitel bir çalışmadan elde edilen bulgular ile konu hakkındaki genel uygulamalar ve düşünceler hakkında bilgi sahibi olunur, sonrasında ise ulaşılan bilgiler ışığında özgün bir öneri seti oluşturulmaya çalışılır [9]. Nitel araştırmalarda araştırmacının rolü/kimliği araştırma sürecini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla araştırma yöntemi kısmında "havacı bakış açısını araştırmacının rolü altında ifade etmesi bilimsellik açısından daha anlaşılır olacaktır."

Nitel araştırmanın yukarıda sayılan bu özellikleri sayesinde çalışmamıza esas olan veriler iki basamaklı olarak elde edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle havayolu şirketlerinin güvenlikleriyle ilgili ulusal ve uluslararası güvenlik prosedürleri ve mevzuatı incelenmiş, şirketlerin güvenlik usulleri tanımlanmıştır. Böylelikle güvenlik uygulamalarıyla ilgili mevcut veriler elde edilmiştir. Sonrasında ise ulusal ve uluslararası güvenlik mevzuatına rağmen, 2001-2017 yılları arasında meydana gelen uçuşla ilgili önemli terör olayları incelenerek bir durum tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Bu sayede de güvenlik konusunda iyileştirme yapılması için yaşanmış örnek terör olaylarını konu alan veriler toplanmıştır. İşte tam bu noktada, mevcut uçuş güvenliği uygulamaları uluslararası bir dokümantasyon ve standartlarda olmasına rağmen, uçuşla ilgili terör faaliyetlerin nasıl meydana geldiği ve bu faaliyetlerden kaynaklanan güvenlik açıklarının asgari düzeye indirilmesi için nelerin yapılması gerektiği sorularına çalışmada cevap aranmaya çalışılmıştır. Diğer bir ifadeyle iki basamaklı veri toplama ve bunların yorumlanması sonrasında elde edilen bulgular ile hava yolu şirketlerinin uçuş güvenlik

dokümanlarına ve güvenlik birimlerine yönelik önerilere ulaşılmıştır.

Araştırma süresince izlenen bilimsel veri toplama ve analiz etiğine sadık kalınması konusunda bir taviz verilmemiştir. Özellikle çalışmada inandırıcılık (trustworthiness) kriterini yerine getirebilmek için inanılabilirlik, güvenilebilirlik, onaylanabilirlik ve aktarılabilirlik kısıtlarına bağlı kalmaya çalışılmıştır[10]. Araştırmanın geçerliliğini sağlamak üzere belirlenmiş olan bilimsel strateji ile bulguların kabul edilebilirliğini sağlamak üzere Creswell'in [11] işaret ettiği gibi araştırmanın geneli için çeşitleme stratejisi uygulanmıştır. Bu çeşitleme ile elde edilen verilerin analizinde ulaşılan bulguların geçerli ve güvenilir olması, sonuçların doğruluğu ve araştırmacının yetkinliği hakkında titiz davranılmıştır. Yine Creswell'in önerdiği gibi araştırmacının sahip olduğu kültürel özellikleri ile bir uçuşu personel olarak havacılık ve eğitimcilik deneyimleri sayesinde problem seçiminden problemin çözüm yöntemine, araştırmacının nasıl veri topladığına, olayları nasıl yorumladığına, araştırma süresince neyi bekleyip neyi elde etmeyi umduğuna kadar çalışmanın bütün yönlerinin şekillendirilmesinde etkili olmuştur.

Sonuç olarak bu çalışma nitel araştırma tekniği dinamikleri ile tamamlanmış uçuş güvenliği konusunda hava yolu şirketlerinin prosedürleri ve meydana gelen terör olayları incelenerek hava yolu şirketlerinde güvenlik uygulamalarının iyileştirilmesi için bir "güvenlik öneri seti" oluşturulmaya çalışılmıştır.

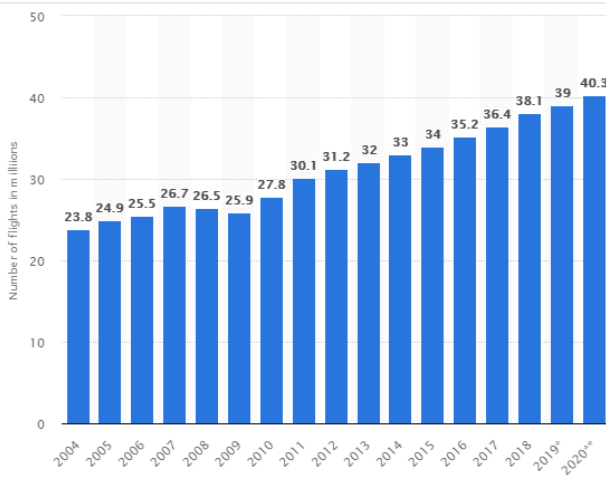
3. Havayolu Taşımacılığında Güvenlik Kavramı

3.1.Uçak Güvenliği

Havacılık endüstrisinde uçak güvenliğinin ayrı bir yeri vardır. Emniyetli olmanın yanında güvenli olarak yapılan uçuş operasyonları, ilgili havayolu şirketine ve o şirketin bağlı bulunduğu ülkeye, rekabet gücü verir ve güvenli olma özelliği katar. Uçak güvenliği, havaalanı güvenliği ve hava trafik güvenliği ile birlikte uçuş güvenliği binasını oluşturur. Burada uçak güvenliği uçağın yerde ve havada güvenlik içinde olmasını, havaalanı güvenliği, havaalanının her türlü tehdit ve saldırıya karşı korunaklı olduğunu, hava trafik güvenliği ise uçuş operasyonu içinde yer alan uçakların hava

trafiği içinde her türlü siber ve fiziki saldırılara karşı güvenli olduğunu ifade eder [12].

Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra uçuş ve uçak güvenliği konuları üzerine olan çalışmalar hız kazanmış ve AB ülkelerinde konuyla ilgili olay analizleri yapılmasına ağırlık verilmiştir. Sektörde yaşanan gelişmelere bağlı olarak havayolu taşımacılığının yolcu ve kargo olarak artmış, Şekil 1’de yer aldığı gibi dünyada 2019 yılında yaklaşık 40 milyon uçuş seferi gerçekleşmiştir.



Şekil 1: 2004-2020 Yılları Arasında Yapılan Uçuş Sayısı [13]

Böylelikle de havayolu taşımacılığı ekonomik olarak geçmişe göre dünya ekonomisinde daha fazla bir yere sahip olmuştur. Ancak, 11 Eylül saldırılarıyla beraber uçakların terör potansiyeli bulunan bir saldırı aracı olarak kullanılmaya başlanması uçak güvenliği konsundaki çalışmalarını akademik araştırma seviyesinin ötesine taşımıştır [14]¹. Bu saldırıdan sonra uçuş güvenliği çalışmaları, havacılık operasyonlarının güvenli yapılabilmesi için çare bulma çabaları olarak görülmeye başlanmıştır.

Uçak güvenliği öncelikle havaalanlarındaki güvenlik uygulamaları ile başlar. Bu kapsamda uçağa alınacak olan tüm yolcu, kargo ve uçuş ekipleri belirlenmiş güvenlik aramalarından geçerler. Güvenlik aramaları havaalanı girişlerinde ve uçağa binmeden önce yapılır. Havaalanındaki

yolcu arama cihazları, X-Ray taraması, sıvı maddelerin taşıma limitlerine uygun olup olmadığı, uçak içine ve uçağın kargo bölümünde taşınacak bagajların taşıma limitleri güvenlik önlemleri tedbirlerinden bazılarıdır.

Uçağa binmeden önce, güvenlik sağlamak amacıyla uçuş ekiplerinin de mutlaka geçerli bir apron kartı, yolcuların ise kendi isimlerine tahsis edilmiş uçak biniş kartına sahip olmaları gereklidir. Uçuş öncesinde uçağa yüklenecek her türlü kargo ve cateringin de güvenlik kontrollerinin yapılması bir zorunluluktur. Uçuş öncesi yapılan bu güvenlik kontrollerinin ana sorumlusu havaalanı güvenlik birimi ile İçişleri Bakanlığı’na bağlı Emniyet güçleridir[15].

Uçuş öncesi havaalanında yapılan yolcu ve kargo güvenlik kontrollerinin yanında, uçuş ekibi tarafından uçağın her sefer öncesinde güvenlik aramasının yapılması gereklidir. Bu güvenlik kontrolleri, kanuni mevzuat gereği, havayolu şirketlerinin ulusal ve uluslararası havacılık otoritesinin belirlediği standartlara göre hazırladıkları “Uçak Güvenlik Araması Çeklisti”ne göre yapılır[16]. Uçuş ekipleri tarafından “security check” olarak adlandırılan bu aramada kabinde bulunan bagaj yerleştirme bölümleri, lavabolar, koltuk cepleri, çöp kutuları ve kabin içinde ulaşılabilecek her yer ayrıntılı bir şekilde kabin ekibi tarafından aranır. Benzer detayda kokpit ve uçağın dış bölümü de kokpit ekibince aranır, kontrol edilir. Yer hizmet görevlisi de uçağın kargo bölümünün aramasını yapar [17]. Uçak uçuşa gitmeden önce bu aramalar tamamlanır, “security form” lar kabin amiri, hareket memuru ve kaptan pilot tarafından imzalanarak, ilgili form uçuşun resmi dokümanlarının yer aldığı uçuş dosyasında muhafaza edilir. Bu uygulama ICAO, EASA, FAA ve SHGM uygulamasıdır.

Yolcuların uçağa alınmaları sırasında da güvenlik kontrol ve aramaları devam etmektedir. Bu kontroller ICAO ve SHGM talimatları doğrultusunda hazırlanan hava yolu işletmelerinin operasyon manuellere göre yapılmaktadır. Kabin

¹ Özellikle 11 Eylül Saldırılarından sonra İsrail ve ABD’de yapılan uçuşlarda **Air Marshall- Hava Güvenlik Personeli** görevlendirme uygulaması başlatılmıştır. Elde edilen istihbarat

ve bu doğrultuda belirlenen tehdit seviyesine göre devletin güvenlik birimlerine bağlı olarak çalışan bu kişiler uçak içinde silahlı ve gerekli yetkilere haiz olacak şekilde uçuş ekibine dahil edilmişlerdir.

ekiplerinin yolcuların uçağa gelişleri sırasında “yolcu profillerini” incelemeleri, alkollü ya da uçuş güvenliğine tehdit olabilecek yolcuların uçağa alınmaması, sınır dışı yapılan (deportee) ya da ülkeye alınmayan (inadmissable) yolcuların kontrolleri, transit yolcuların güvenlik işlemleri hava yolu şirketlerinin uçuş öncesi güvenlik kontrolleri uygulamalarındandır.

Bu kapsamda uçak güvenliği kapsamında alınacak tedbirlerden bazıları aşağıda yer aldığı gibidir:

- Uçuş ekibinin kimlik kartlarının uçuş görevleri sırasında görünür bir şekilde takılı olması,
- Yolcu profillerine dikkat edilmesi, tehdit olabilecek yolcularla ilgili proaktif tedbirlerin alınması,
- Uçuşla ilgili yer ve uçuş ekiplerinin gerekli güvenlik eğitim sertifikalarının her zaman geçerli olması,
- Kokpite giriş çıkış usullerinin güvenlik kaygıları doğrultusunda bir prosedür haline getirilmesi ve bu prosedürün disiplinli bir şekilde taviz verilmeden uygulanması,
- Sahibi olmayan bagaj ya da eşyanın titizlikle kontrol edilmesi [17].

3.2. Uçuş Güvenliği

Uçuş güvenliği, uluslararası anlaşmalar ile belirlenmiş uçuş sırasında meydana gelebilecek “kanunsuz müdahale” kavramına dayanır [18]. Hukuki bir kavram olan kanunsuz müdahale: “tehditkar olsun ya da olmasın, uçakta uçuş emniyetini tehlikeye atan, uçaktaki disiplini veya düzeni bozan her türlü davranış ve tavırlar”dır [19]. Bu tanımdan hareketle uçuşta güvenlik “uçakta uçuş emniyetini tehlikeye atan, yolculara, uçuş teçhizatına zarar verecek, yaralayacak, hatta insanların ölümüne sebep olacak bilinçli olarak yaratılmış tehlikelerden korunmaktır” şeklinde ifade edilebilir.

Uçuş operasyonları sırasında uçuş güvenliğini ilgilendiren ve uçuş ekibi tarafından uçuş güvenliği ya da kanun dışı müdahale kapsamında uluslararası

mevzuat ile belirlenmiş üç ana tehdit bulunmaktadır [20]. Bunlar:

- Kural Dışı Yolcu
- Uçak Kaçırma
- Bomba Tehdidi olarak sıralanabilir.

3.2.1. Kural Dışı Yolcu

Kural Dışı yolcu uçak içindeki genel davranış ve emniyet kurallarına aykırı hareket eden, uçak içindeki genel disiplini bozan, huzursuzluk çıkararak, sözle ya da hareketleriyle saldırgan bir tavır içinde olan yolculardır. Bu tür yolcular mümkünse uçağa gelmeden kabin ve yer hizmetleri personeli tarafından “profilleme” ile belirlenmeli ve uçağa alınmamalıdır. Kural dışı yolcular, bazı durumlarda hava korsanları olma potansiyeline sahip olmaları veya uçağın güvenlik sebebi gereği destinasyonu dışında bir yere inmesine sebep olmaları yüzünden hassasiyetle ele alınmalıdırlar.

3.2.2. Uçak Kaçırma (Hijack)

Uçak kaçırma, siyasal, etnik ve ideolojik mesajların daha sansasyonel bir şekilde dünya kamuoyuna bildirilmesi için uçak korsanları tarafından başvurulan bir yöntemdir. Uçak kaçırma eylemi sırasında hava korsanları uçağın kontrolünü mutlak bir şekilde ele geçirirler. Bir uçak kaçırılması sırasında uçuş ekibi ve eylemin gerçekleştiği ülke otoritesi, uçağın indirilen meydana başka bir yere gitmeyecek şekilde tedbir almalı ve güvenlik güçleri ile işbirliği içinde olunmalıdır.

3.2.3. Bomba Tehdidi

Bomba Tehdidi, uçağın içine uçuş sırasında ya da uçuş öncesinde bomba yerleştirilmesi ve bombanın patlatılmaya teşebbüs edilmesidir. Her ne kadar yapılan istatistiklere göre bomba tehditlerinin %99’u sahte ihbar olarak çıksa da her ihbar ciddiye alınmalıdır [20]. Gerçek olarak algılanılan bir bomba tehdidi ile karşılaşıldığında en kısa zamanda, ilgili güvenlik birimleriyle koordine kurularak iniş yapılmalıdır.

Özellikle bomba tehdidine yönelik olarak yolcular üzerine yapılan güvenlik aramalarının yanında kargo bölümüne yüklenen malzemelerin de

güvenlik tarayıcıları tarafından aranması, bomba ya da uçak güvenliğine tehdit tehlikeli maddelerin bu şekilde yapılacak bir kontrol sonrasında ayıklanması önemlidir.

3.3. Uçuş ve Uçak Güvenliğinde Karşılaşılan Sorunlar

Uçuş güvenliği sağlanması vazgeçilmez bir ihtiyaçtır, ancak bunun maddi ve manevi olarak bazı maliyetleri bulunmaktadır. Öncelikle yolcular ve uçuş ekipleri için uçağa ulaşmak, güvenlik tedbirlerinin ayrıntılı olması ve güvenlik kapılarının geçişinin uzun zaman alması sebebiyle zorlaşmıştır. Güvenlik tedbirlerinin daha ayrıntılı bir hale gelmesi, havaalanı işletmesinin daha maliyetli olarak yürütülmesine, teknolojiye olan bağımlılığın artmasına, güvenlik konusunda daha yetkin olan çalışanlara ihtiyaç duyulmasına ve havaalanlarında uzun zaman alan güvenlik uygulamalarının bazı durumlarda uçuş operasyonlarının gecikmesine, bunun yanında da yolcuların uçaklarını kaçırmalarına sebep olmaktadır. Örnek olarak; Londra uçuşlarında gözlemlendiği üzere, Heathrow havalimanında yolcular dışında, uçuş ekiplerine yapılan ayrıntılı güvenlik uygulamaları, sıvı kısıtlamaları, hatta uçuş ekiplerinin giyim aksesuarlarına (kravat iğnesi, küpe, kolye, kol saati, vb.) yapılan denetlemeler sonrasında uçuş ekiplerinin uçağa gelmeleri bazı zamanlar oldukça uzun sürmekte ve uçaklar seferlerinde gecikme yaşamaktadırlar.

Uçak güvenliğinde bazı tehdit ve zorluklar bulunmaktadır. Bunlar:

- Havalimanlarının fiziki güvenlikliklerini sağlamak için teknolojik bir altyapı oluşturmak, bu kapsamda izleme ve biometrik sistemlere ağırlık vermek,
- Kargo ve kabinde taşınacak uçuşa yasak malzemelerin bulunması için gerekli teçhizat altyapısını hazırlamak
- Bilgi işlem altyapısına sahip olmak ve yolcu bilgilerini tasniflemek,
- Havaalanı çalışanların güvenlik soruşturmasını yapmak, kimlik ve apron kartlarını doğrulamak

- Uçuş trafiğinde tehdit olacak yerden atılan füze, lazer, mikrodalga silah sistemlerine karşı tedbir almak olarak sıralanabilir [21].

Yukarıda yer alan zorlukların üstesinden gelmek için özellikle teknolojiye dayanarak önemli olduğu, güvenlik konusunda değişik alanlarda uzmanlık sahibi olan kurumların genel bir güvenlik portföyü içinde bilgi ve tecrübe paylaşımında bulunmaları gerektiği, akıllı ve klasik tehditlere, siber saldırılara karşı olan önlemlerin artırılması gerekmektedir. Bu önlemlerin yerine getirilmesi için mali kaynak ayrılmasının önemli olduğu, güvenlik yatırımlarının yapılması gerektiği, havayolu şirketlerinin ve politikacıların güvenlik konusuna olan ilgisinin ve desteğinin artırılmasına ihtiyaç duyulduğu, gerekli yönetmelik ve prosedürlerin acilen gözden geçirilmesi ve sürekli olarak güncellenmesi gereklidir.

4. Uluslararası Havacılık Kurallarına Göre Uçuş Güvenliği

Günümüz havayolu taşımacılığına dayanak olan en önemli anlaşma 1944 yılında ICAO'nun kurulmasıyla sonuçlanan ve Türkiye'nin de taraf olduğu Chicago Anlaşmasıdır. Bu anlaşmanın eklerine göre, uçuş ve uçak güvenliği konusunda alınacak önlemlerde üye ülkeler arasında güven ve karşılıklı anlayış esas alınmıştır[22]. ICAO'da yer alan güvenlikle ilgili maddeler ise 1963 Tokyo Konvansiyonu ile genişletilmiştir. Tokyo Konvansiyonu daha sonra Kanada'nın Montreal kentinde 04.04.2014 tarihinde imzalanan ve 26.10.2017 tarihinde TBMM'de 7057 sayılı kanunla onaylanan "Hava araçlarında işlenen suçlar ve diğer bazı eylemlere ilişkin Tokyo sözleşmesini tadil eden protokol" ile güncellenmiştir. Söz konusu protokolle, uçuş operasyonlarındaki genel güvenlik konuları, yargılama yetkisi, kaptan pilotun yetkileri, hava araçlarında işlenen suçlar, hava polisi yetki ve sorumlulukları, hava aracının inişine neden olan yolcudan zararların tazmini gibi konularda düzenlemeler yapılmıştır[23]. Burada aynı zamanda uçuş operasyonlarının yapılırken alınacak önlemler üye ülkelerin sorumluluğundadır. Üye ülkeler güvenlikle ilgili olarak;

- Kendi hava sahalarındaki güvenliği,
- Tehdit analizi yapmayı,

- Havaalanı güvenliğini sağlamayı,
- Uçuş operasyonu yapan şirketlerin güvenlik programlarını denetlemeyi,
- Personel güvenlik soruşturması yapmayı,
- Güvenlik eğitimleri vermeyi, güvenlik sertifikasyonlarını tazelemeyi,
- Kalite kontrol yapmayı ICAO Annex 17 “Security Manual for the Safeguarding of Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference (Doc 8973 — Restricted) and the Aviation Security Training Packages (ASTPs)” dokümanına göre düzenlemek zorundadırlar.

4.1. ICAO’nun Güvenlik Standartları

ICAO’nun genel olarak uçak güvenliğiyle ilgili belirlediği standartlar aşağıda yer aldığı gibidir[1]:

- Kokpit kapısı uçuş operasyonlarından itibaren kapalı ve kilitli olmalıdır.
- Kokpit kapısı, kalkış ağırlığı 45500 kg.’nin üzeri ya da 60 yolcudan fazla yolcu taşıma kapasitesine sahip tüm uçaklarda her türlü mermi, şarapnel vb. gibi silah tesirlerinden korunaklı olmalı, kokpit içinden manuel olarak kilitlenebilmelidir.
- Uçakta yolcu alımından önce mutlaka “security check=güvenlik araması” yapılmalı uçağın koltukları, bagaj yerleştirilen koltuk üstü dolapları, lavaboları, koltuk araları ve altları ve diğer uçak bölümleri titizlikle aranmalı,
- Uçakta bomba arama çeklisti bulundurulmalı,
- Bomba hasarının en az risk bulunduran (LRBL-Least Risk Bomb Location) uçak bölümü belirlenmeli,
- Havayolu şirketleri kendi güvenlik standartlarını belirten bir dokümantasyona sahip olmalıdırlar.

4.2. ICAO’nun Güvenlik Eğitim Programları

Uçak güvenliğini sağlamada var olan faktörlerden en önemlilerinden biri eğitimidir. ICAO’nun belirlediği standartlar dikkate alınarak havacılar için güvenlik eğitimleri

oluşturulmaktadır. Bu eğitimlerde uçuş ekiplerinin güvenlik olaylarını daha oluşmadan engelleyecek hareket tarzlarının yerine getirilmesi amaçlanır. Güvenlikle ilgili eğitim programlarında aşağıda yer alan konular işlenir [1]:

- Bir güvenlik olayının önem derecesini belirleme,
- Ekip içi iletişim ve koordinasyon,
- Uygun kendini savunma yöntemlerinin belirlenmesi,
- Otorite tarafından izin verilmiş ölümcül olmayan savunma aletlerini kullanabilme,
- Terörist ve uçak kaçırma eylemi gerçekleştirenlere karşı müdahale metodlarının öğrenilmesi,
- Uçakta bomba ile mücadele stratejilerinin bilinmesi,
- Güvenlik olaylarının raporlanması.

5. Uçak Güvenliğini Tehlikeye Düşüren Terör Olayları

Buraya kadar yapılan açıklamalarda uçuş güvenliğinin sağlanması için ilgili otoriteler tarafından belirlenmiş olan standartlar, eğitim programları, yönetmelikler ve havacılık endüstrisinin güvenlik kısıtları anlatılmaya çalışıldı. Ancak, güvenlik konusu havacılık endüstrisinde yaşanan güvenlik olaylarına bağlı olarak sürekli gelişmektedir. Uçuş operasyonlarında “uçığa gelen sarhoş yolcudan uçağı ele geçirmeye çalışan hava korsanına” kadar güvenliği ihlal etmeye çalışan grup ya da şahısların var olduğu düşünüldüğünde, güvenlik konusundaki bir takım ihtiyaç ve zafiyetlerin bazı terör eylemlerinden sonra gündeme geldiği görülmektedir. Bu noktadan hareketle, çalışmamızın bundan sonraki bölümünde 2001-2017 yılları arasında meydana gelmiş olan önemli terör ve güvenlik olay örnekleriyle, alınan her türlü güvenlik önlemine rağmen, uçuş operasyonlarında güvenliği zafiyete düşürücü kişi ve eylemlerin olduğu anlatılacaktır.

5.1. Uçak Güvenliğinde Terörist Saldırı Örnekleri

Havacılık Endüstrisine olan terör saldırıları yeni karşılaşılan bir terör yöntemi değildir. Özellikle 1960’lı yıllarda hava yolu taşımacılığının artmaya

başlaması, bölgesel krizlerin sonunda ortaya çıkan özellikle Filistin Davası gibi kangren olmuş sorunların terörist gruplarca küresel boyuta taşınma çabaları sonucunda, araç olarak uçaklar seçilmeye başlanmıştır. Uçakların dünya genelinde yapılan terör saldırılarında kullanılması, uçak güvenliğini daha önemli bir hale getirmiştir. Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra uçakların terörizmin bir aracı olarak kullanabileceği anlaşılmıştır. Bu saldırının başarıya ulaşması, terör eylemlerinde yeni bir çığır açması ve “silah” olarak da uçakların kullanılması uçuş güvenliği konusunun daha ciddi ve dikkatli bir şekilde ele alınmasına sebep olmuştur.

11 Eylül saldırılarının başarılı bir şekilde sonuçlanmasından sonra, terörist gruplar tarafından uçak kaçırma eylemleri yerine uçakları patlatma ya da terör eylemleri için ele geçirme eylem teşebbüsleri artış göstermiştir. Bu bağlamda; İngiliz El-Kaide teröristi Richard Reid, 11 Eylül saldırılarından sadece iki hafta sonra ayakta kalmasına rağmen patlayıcı ile Paris-Miami seferini yapan American Airlines seferine yolcu olarak binmeye çalışmış ve yakalanmış, 2006 yılında ABD ve Kanada’dan Londra’ya sefer yapan uçaklardan aynı anda 17’sinde meşrubat kutuları içindeki patlatıcılar ile yine El-Kaide tarafından terör eylemi girişimi önlenmiş, Ekim 2010’da Yemen’den ABD’ye giden bir kargo uçağına yerleştirilmiş patlayıcı madde içeren kutuların bir kısmı Dubai’de, bir kısmı da İngiltere’de tespit edilerek muhtemel terör saldırıları önlenmiştir[24].

Bu tür olaylar, her ne kadar önlenmiş olsa da terörist grupların uçakları bir “terör silahı” olarak kullanma motivasyonlarının ne kadar fazla olduğunu anlatmaktadır. Uçakların yanında uçakların bulunduğu apron, terminal, havaalanı ve binalarının terör saldırıları için açık bir hedef oldukları anlaşılmaktadır. Burada terör grupları saldırı için gerekli insan gücünü havaalanlarında çalışan sempatizanlarla internet ve sosyal medya aracılığı ile elde etmektedirler[25].

En dikkat çekici terör eylemlerinden biri de 31 Ekim 2015 tarihinde Sharm El Sheik’ten St. Petersburg’a uçuş yapan Rus Airbus A321 uçağının düşürülmesi eylemidir. Uçağın kargo bölümünde İŞİD üyeleri tarafından kola kutusu içine yerleştirilmiş olan bombanın patlatılmasıyla 224

yolcunun kaybedilmesine sebep olmuştur[26]. Bu saldırının hemen sonrasında benzer bir saldırı da 3 Şubat 2016 tarihinde Somali’de İŞİD benzeri bir grup olan El-Şahab El-Mücahit tarafından, uçağın kalkışından hemen sonra yerleştirilmiş bombanın patlatılması ile yapılmıştır. Bu saldırıların ardından, bagaj yüklemesi yapan ya da uçak içi temizlik görevlilerinin güvenlik kleransları sorgulanmış, ayrıca uçak içinde kabin ve kargo bölümlerinde yapılan “Security Check- Güvenlik Araması” kontrollerinin önemini ortaya çıkarmıştır[27]. Görüldüğü gibi güvenlik açısından uygun olmayan kişilerin havacılık faaliyetlerinde çalıştırılması ve “uçak içi güvenlik kontrollerinin” tam olarak yapılmaması bu tür olaylara sebebiyet vermektedir.

Diğer bir terör saldırısı örneği ise uçuş öncesi uçuş ekiplerini, yolcularını ve terminal çalışanlarını hedef alan doğrudan havaalanlarına yapılan terminal saldırılarıdır. Bu tip terör kaynaklı güvenlik olayına verilecek ilk örnek 22 Mart 2016 tarihinde Bürüksel Havaalanının Dış Hatlar Terminalinde İŞİD tarafından gerçekleştirilmiştir [28]. Hemen sonrasında ise, 28 Haziran 2016’da İstanbul Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Geliş Terminalinde teröristler tarafından intihar bombası ve rasgele otomatik silahlarla ateş edilmesi ile düzenlenen bir terör eyleminde bulunulmuştur [29]. Bu saldırılardan sonra küresel boyutta havalimanlarına giriş usulleri, güvenlik önlemleri, havaalanına giriş yapan kişilerin X-Ray ve biyometrik taramaları, güvenlik güçleri tarafından alınması gereken tedbirler gözden geçirilmiştir.

Yukarıda verilen terör saldırıları örneklerinden de anlaşılacağı gibi, her seviye ve ideolojideki terör grupları uçakları birer terör aracı olarak kullanma konusunda tam bir motivasyona sahiptirler. Çünkü bu saldırılar yoluyla küresel boyutta hava yolu taşımacılığına zarar verirken, uluslararası kamuoyunda da ciddi bir şekilde ses getirirler. Güvenlik aşamalarını geçerek uçağına ulaşan ve burada terör saldırısında bulunan terörist gruplar uluslararası arenada hem propagandalarını yaparlar hem de diğer terörist gruplara kıyasla daha fazla prestij kazanırlar. Diğer bir ifadeyle, Filistin davasını terör yoluyla dünyaya duyurmaya çalışan terörist lider George Habbash’ın 1960 yılında İsrail Hava Yolu Şirketi El-Al’ın Cezayir uçağının kaçırılması sonrasında basına verdiği “...bizim için

bir uçağı kaçırmak, çatışma alanında 100 İsrailiyi öldürmekten daha değerlidir..” demeci [30] uçaklarla yapılan terör saldırılarının psikolojik ve medya etkisinin ne kadar fazla olduğunu özetlemektedir.

Günümüzde internet ve sosyal medyanın kullanımının artması, terörist grupların da kitlelere küresel erişim yollarını ve yapılarına adam kazanmalarını kolaylaştırmıştır. Özellikle İŞİD gibi terör örgütlerinin otorite boşluğu olan Suriye ve Irak gibi ülkelerde varlık göstermeleri, dünyanın neredeyse her yerinden yeni terörist kazanmalarını ve destek bulmalarını kolaylaştırmıştır. Bu küresel terörizm altyapısı sayesinde uçuş güvenliğine ilişkin terör saldırıları da düzenlenebilmiştir. Brüksel saldırısının hemen ardından sosyal medyada yapılan propagandaların sonrasında benzer bir saldırı Almanya'nın Köln Havaalanında'da Nisan 2016'da yapılmaya çalışılmıştır[31]. Ancak bu girişim başarılı olamamıştır. Burada da yerel sempatican kişiler arasından devşirilmiş teröristler arası bilgi akışı ve iletişim internet ve sosyal medya üzerinden yapılarak terör eylemi girişiminde bulunulmuştur.

2015 yılında Uluslararası Karşı Terörizm Enstitüsü (International Institute for Counter-Terrorism (ICT)) tarafından yapılan çalışma sonrasında havaalanlarında yapılan işe alımlarında, adayların adli güvenlik soruşturmalarının mutlaka yapılması gerektiği ve özellikle sosyal medya paylaşımlarının takip edilmesinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanında havaalanlarındaki güvenlik tedbir ve yönetmeliklerinin mutlaka sürekli olarak gözden geçirilmesi, X-Ray, profiling², kamera ve takip gibi genel güvenlik tedbirlerine önem verilmesi, operasyon yapılacak destinasyonlardaki havaalanlarının güvenlik yeterliklerinin ülke ve şirket bazında takip edilmesi tavsiye edilmiştir[32]. Bu durum yukarıda bahsedilen 2015'teki Rus uçağının Sharm El-Sheik'te düşürülmesi sonucunda yapılan soruşturmada 2016 Ocak ayında bombayı uçağa yerleştiren kargo görevlisi ve ona yardımcı olan El-

Kaide sempaticanı iki polis memurunun yakalanması ile örneklendirilmiştir[33].

Ayrıca bu tür terörist örneklerine; Minneapolis - St. Paul Uluslararası Havalimanı'nda Abdifatah Ahmed adlı bir uçak temizlik görevlisinin terörist gruplarla ilişkisinin ortaya çıkması[34], El-Mücahiddin grubuna ait terminal görevlisi Abdurahmaan Muhammed'in yakalanması[35], İŞİD üyesi servis şoförü Shirwa Ahmed'in gözaltına alınması verilebilir[36].

Ancak alınan her türlü önleme rağmen, havalimanlarında zaman içinde oluşabilecek sempaticanlaşma durumuna da engel olmak, buralarda çalışan personeli sürekli olarak gözlem altında tutmak gerekebilir. Örnek olarak, Brüksel Havalimanı'nda temizlik 5 yıl boyunca işçisi olarak çalışan Najim Laachraoui, daha önce de AB Parlamentosu'nda çalışmasına, üstleri tarafından çok beğenilen bir çalışan olmasına rağmen 2016'daki saldırıda yer almıştır[37].

Havacılık sektörüne saldırıda bulunan teröristler, kendi ülkelerinde devşireceği gibi, halihazırda çeşitli terörist gruplarda yer alan, aynı zamanda da vatandaşı olduğu ülkelere geri dönerek terör saldırılarında bulunabilecek kişiler de olabilirler. Bunu açıkça New York'ta bir radyo programında itiraf eden eski İŞİD teröristi Abu al-Ayna al-Ansari, kendisinin Gazze'de İŞİD adına faaliyet gösterirken, dünyanın birçok yerinde İŞİD'in gizli elemanı olan kişilerin her an bir eylemde bulunacak şekilde hazır olduklarını itiraf etmiştir[38]. Aslında bu durum sadece havacılık alanındaki terör saldırılarına ait bir durum değildir, bu tür “gizli” teröristler diğer alanlarda da eylemde bulunmaktadırlar, ancak havacılık hedefleri daha çok ses getirecek eylemlerdir. Bu yüzden terör grupları havacılık hedeflerine yoğunlaşmaktadırlar.

5.2.Uçuş Güvenliğini Tehdit Eden Terör Saldırısı Çeşitleri

² Profiling, kabin ve yolcu hizmetlerinde çalışanların gelen yolcular hakkında yaptıkları gözleme dayalı bir güvenlik tedbiridir. Profiling sonrası şüpheli olarak

görülen yolcular takibe alınır, gerekli görüldüğü durumlarda uçağa binmelerine engel olunur.

5.2.1. Terör Amaçlı Roket Saldırıları

Sivil uçaklar roket saldırılarına karşı oldukça savunmasızdırlar. Bu uçakların roketlere, yerden havaya atılan füzelere, omuzdan atılan “manpad”lere karşı hiçbir savunma tedbiri yoktur. Askeri uçaklarda bu tür tehditleri savuşturacak elektronik harp sistemleri, manevra çeşitleri ve uçak üstünde takılı “chaff ve flare (füzeyi hedefe ulaşmasında yanıltıcı karşı sistemler)” olmasına rağmen yolcu uçaklarında bu tür sistemler bulunmamaktadır. Yolcu uçakları özellikle iniş ve kalkış sırasında roket saldırılarına karşı oldukça savunmasızdırlar. Bu durumu bilen terörist gruplar fırsat buldukları ve eylem yapmak istedikleri anlarda kolaylıkla bu yola başvurmaktadırlar. Ayrıca bu tür silahların temini ve eğitimi çok kolaydır, at ve unut konseptiyle kullanılan bu tür silahların kullanımı internet kaynaklarından bile öğrenilebilmektedir[39].

Bu tür birçok saldırı terör grupları tarafından yapılmıştır. Örneğin; 2002 yılında “Arkai” model bir yolcu uçağı Kenya’dan İsrail’e olan uçuşu sırasında roket saldırısına uğramış, PKK terör örgütü de kullandığı anti-tank füzeleriyle İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanına saldırıda bulunmuştur[40].

Havacılığın zarar görmesi ve havacılık faaliyetlerinin durması için bu tür füzelerle yapılan saldırıların doğrudan havalimanına ya da uçaklara yapılması gerekmemektedir. Havalimanlarının veya uçakların civarındaki hedeflere yapılan saldırılar da havacılık faaliyetlerinin durmasına sebep olmaktadır. Örneğin 2014 yılında Hamas’ın Tel Aviv’deki Ben Gurion Havalimanı civarındaki bir evi vurması sonucu birçok şirket geçici olarak buraya yaptıkları seferleri askıya almıştır[41]. Bunun sonucunda İsrail Sivil Havacılığı faaliyetleri durma noktasına gelmiş ve İsrail bayrak taşıyıcı şirket El-Al’ın uçuşları azalmıştır.

Bu tür saldırıların önlenmesi için havaalanı otoritesinin ya da uçuş birimlerinin ICAO kapsamında alacakları güvenlik tedbirleri yeterli olamayacağı bilinmelidir. Bu tür güvenlik tehditlerinin yok edilebilmesi için güvenlik güçleriyle kapsamlı bir istihbarat ve gözlem bilgisi paylaşımı gerekmektedir.

5.2.2. Dron Kullanılan Terör Saldırıları

Dronlar son zamanlarda, dünyanın hemen her yerinde birçok amaçla kullanılmaktadır. Her alanda olduğu gibi, terör örgütleri de saldırılarında dronlardan faydalanmaktadırlar[42]. Hatta bununla ilgili havayolu şirketlerinin uçuş eğitimlerinde dron saldırısı senaryoları, saldırı halinde yapılacak prosedürler işlenmektedir. Bazı durumlarda saldırı yerine uçakları korkutma ya da uçuş yollarından saptırmaya yönelik dron faaliyetleri de olabilmektedir. Bu duruma örnek olarak, 8 Ağustos 2015 tarihinde Tel Aviv Ben Gurion havalimanında alçalmakta olan “Brussels Airlines”a ait uçağın yanından geçen bir dron uçağın pas geçmesine ve başka bir meydana yönlenmesine sebep olmuştur[43]. İsrail Ulaştırma Bakanlığı özellikle havalimanları civarında uçurtulan bu tür dronların herhangi bir terör saldırısı için kullanılmasa bile, bazı bölgelerde uçurulmalarının yasaklanmasını ve bu tür dronları kullananların “dron lisansı”na sahip olmaları gerektiği konusunda bir rapor hazırlamıştır[44].

İsrail’in dron konusunda başlattığı bu inisiyatifin dünya genelinde de yankısı olmuştur. Örnek olarak NASA sponsorluğunda Temmuz 2015’de yapılan bir havacılık konferansında Newark, New Jersey, Minneapolis, Minnesota, ve Austin’daki havalimanları yakınlarında uçurulan dronların iniş ve kalkış yapan uçakların emniyetini tehdit ettiği ve bu tür hava araçlarının acilen kontrol altına alınması gerektiği tavsiye edilmiştir. Bunun üzerine konferansa katılım sağlayan FAA (Federal Aviation Authority (Federal Havacılık Dairesi)) harekete geçerek belli ağırlık ve özelliklerin üzerinde olan dronların mutlaka uçak gibi tescil ettirilmesini ve kullanıcılarının lisanslandırılmasını karara bağlamıştır[45]. Benzer bir şekilde, Türkiye’nin de TALPA- Türkiye Hava Yolları Pilotları Derneği-yoluyla dahil olduğu European Cockpit Association (ECA)- Avrupalı Pilotlar Topluluğu da Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Çalışma Grubu kurmuş ve bu grubun çalışmaları sayesinde AB Havacılık Dairesinde tarafından dronlar hakkında bazı düzenlemeler yapılmıştır[46]. Bu gelişmelere paralel olarak Türkiye’de Sivil Havacılık Genel Md.lüğü (SHGM) İnsansız Hava Araçlarının (İHA) uçurulması ile ilgili bir yönetmelik çıkarmış [47] ve

bu tür araçların kullanılması hakkındaki lisanslandırma çalışmalarını hızlandırmıştır.

5.2.3. Simülasyon Tehdidi

Simülasyonlar uçuş eğitimlerinin vazgeçilmez bir yardımcı olduğu için uçuşlara karşı ya da uçaklarla yapılacak her türlü terörist saldırıda yararlanılacak bir araçtır. Terörist gruplar gerek internet üzerinden kullanılabilen uçak simülasyonlarını gerekse de satın alınan uçak simülasyon yazılım ve donanımlarından faydalanarak uçak güvenliğini sarsan terör saldırılarında simülasyonları kullanmaktadırlar[48]. Bu bağlamda El-Kaide ve İŞİD teröristlerinin simülasyonları kullandığı, hatta Libya'nın Sirte şehrinde kurdukları simülasyon merkeziyle uçuş eğitimleri verdikleri ortaya çıkmıştır[49].

Simülasyonların terör eylemlerinde doğrudan kullanılması mümkün olmasa da, uçuşla ilgili terör eylemlerini yerine getirmedeki şartları yerine getirme ortamı oluşmaları bakımından simülasyonlar uçuş güvenliğini sağlamada dolaylı bir yer almaktadır. Simülasyon tesislerine girişler havaalanlarına girişlerden kısmen daha kolaydır. Ayrıca ücreti karşılığında herhangi bir kişi pilot olmasa bile simülasyon kiralayarak sanal ortamda gerçeğe yakın bir ortamda uçuş imkanına sahip olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı simülasyonlarda de bazı güvenlik tedbirlerinin alınması gereklidir.

Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında; simülasyon tesislerine girişlerin de güvenlik kaygılarından dolayı kontrol altında olması, burada uçuş yapmak isteyenlerin amaçlarının kesin olarak belirlenmesi, şüpheli durumlarda güvenlik kuruluşlarına haber verilmesi ve simülasyon tesislerinin güvenliklerinin havacılık otoritesi tarafından periyodik olarak denetlenmesi gerekmektedir.

5.2.4. Uçuş Yapan Pilotlara Yönelik Lazer Tehdidi

Uçak güvenliğini tehlikeye atan en kolay temin edilen ve kullanılan araçlardan biri de lazerdir. Öyle ki sadece oyun olsun diye çocukların, gençlerin havalimanları civarında kullandıkları lazer kalemlerinden, teröristlerin uçuş güvenliğini tehlikeye atmak için direkt olarak kokpiti hedef olarak kullandıkları güçlü lazer silahlarına kadar

geniş bir spektrumda kullanılmaktadır. 2005 yılından beri FBI tarafından yapılan bir istatistikte ABD'de günde ortalama 11 "uçaklara lazer sıkma" olayı ile karşı karşıya kalınmış, bu olayların da günümüze gelindiğinde 1000 kat kadar arttığı saptanmıştır[50].

Lazer kullanımına bağlı olarak kokpitte yer alan pilotların geçici körlük yaşadıkları bilinmekle beraber, henüz uçaklara direkt etkisi olan bir olaya rastlanmadığı, rahatsızlanan pilotun yerini diğer pilotun aldığı ve uçağın emniyetli bir şekilde indirildiği görülmektedir[51]. Ancak her iki pilotun da geçici körlük yaşadığı durumlarda ölümcül bir kaza ile karşılaşılması işten bile değildir. Ayrıca, daha güçlü bir lazer silahı elde edildiğinde lazer saldırılarının boyutu değişebilecektir. Bunun için lazer tehdidine ciddi bir şekilde yaklaşılmalı yerel güvenlik güçlerinin desteğinde önlemler alınmalıdır.

5.2.5. Siber-Terör Tehdidi

Günümüzde tüm endüstrilerde olduğu gibi havacılık endüstrisinde de siber bilgi sistemleri kullanım oranı oldukça fazladır. Uçağın otomasyon sistemleri, yer kontrol üniteleri ile yaptığı haberleşme, uçakların kontrolü, hava trafiğinin kontrolü vb. faaliyetlerin hemen hepsi siber ortamda yapılmaktadır. Bu yüzden siber saldırıların önlenmesi ve siber güvenlik konusu uçuş güvenliği ve emniyeti bakımından hayati derecede önemlidir.

Ayrıca yolcu olarak uçağa binerek uçağın bilgisayar sistemlerini "hackleme" faaliyetinde bulunan kişilerin de olabileceği göz ardı edilmemelidir. Özellikle uçağın usb bağlantılarının, kablosuz internet imkanlarının kullanılarak bu tür eylemlerde bulunabileceği bilinmektedir[52]. Uçakların yolcular tarafından hacklenme olasılığı az olduğu bilinmekle beraber, daha çok uçakların yönetimi ve planlanması aşamasında havayolu şirketlerine ve hava trafik kontrolörlerinin sistemlerine hackleme yapılması her zaman gündemde bir konudur. Örnek olarak, 2015 Haziran'da Polonya'nın LOT şirketinin uçak yönetim yazılımı hacklenmiş, uçaklar yerde kalmış, uçuş planları çıkarılmamış ve uçuşlar durma noktasına gelmiştir[53].

Siber-terör birçok radikal terör grubunun dikkatini çeken bir konudur. Etkilerinin geniş kapsamlı olmasından dolayı bu tür gruplar bünyelerine hacker'ları dahil etme çabaları, yetiştirme ve eğitim verme faaliyetleri terör grupları tarafından yapılan faaliyetler arasındadır.

Uçak sistemlerine yönelik siber saldırıların yanında GPS sinyallerinin saptırılması, yok edilmesi, bu yolla seyrüsefer yapan İHA (İnsansız Hava Aracı) ve uçakların rotalarından saptırılarak kaza yapmalarının sağlanması başvuru diğer siber saldırı örnekleri arasındadır. Örnek olarak, El-Kaide'nin 2011 yılında Irak'ta ABD'nin İHA faaliyetlerini sınırlamak için GPS karıştırması yaptığı, 2016 yılında İsrail'e ait İHA'ların düşürülmesi için Gazze'den GPS karıştırması yapıldığı, aynı zamanda İsrail Savunma Bakanlığı hacklenerek önemli istihbarat bilgilerinin ele geçirildiği görülmekte, bu tür karışırtmaların o bölgelerde uçan sivil uçakların seyrüseferlerini de olumsuz olarak etkilediği anlaşılmaktadır[54].

Sonuç olarak uçak güvenliğine ilişkin olarak uçakların güvenliğine direk etkide bulunacak bir siber saldırı olasılığının henüz düşük bir seviyede olduğu, ancak; hava trafik yönetimi, uçak operasyon yönetimi, GPS sinyallerinin köreltilmesi yolu yapılacak siber saldırılara yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir.

6. Bulgular

Hava yolu işletmelerinde uçuş güvenliğinin iyileştirilmesi için bir öneri seti hazırlanması amacıyla yapılan mevzuat incelemesi ve örnek terör olaylarının içeriklerinin analizi sonrasında aşağıda yer alan bulgulara ulaşılmıştır:

- Uçakların terör örgütlerinin birer silah aracı olarak kullanılmaya başlandığı 11 Eylül 2001 saldırılarından sonra, dünya çapında uçak güvenliğini arttırıcı ve global düzeyde işbirliği oluşturucu şekilde ICAO önderliğinde birtakım önlemler alınmaya başlanmıştır. Bu önlemler kapsamında çalışanların üniformaları, giriş kartları, güvenlik eğitimleri, havalimanı giriş çıkış, apron bölgesinde bulunma usulleri gözden geçirilmiş ve bir standarda bağlanmıştır.
- Havaalanındaki yolcu arama cihazları, X-Ray taraması, sıvı maddelerin taşıma limitlerine uygun olup olmadığı, uçak içine ve uçağın kargo bölümünde taşınacak bagajların taşınma limitlerinin kontrolü gibi güvenlik önlemleri alınmaktadır, ancak bu önlemler terör eylemi yapacak ya da uçuşturmuş güvenlik riski taşıyan kişilerin uçağa binmelerine engel olamamaktadır.
- Uçağa binmeden önce, güvenlik sağlamak amacıyla uçuş ekiplerinin geçerli bir apron kartı, yolcuların ise kendi isimlerine tahsis edilmiş uçak biniş kartı bulunmaktadır. Uçuş ekiplerinin ve yolcuların bu belgeleri kolaylıkla kopyalanabilmektedir.
- Uçuş öncesinde uçağa yüklenecek her türlü kargo ve cateringin de güvenlik kontrollerinin yapılması bir zorunluluktur. Örnek terör olaylarının içerik analizlerinde yükleme ve kontrol yapan personelin terör eylemi içinde buldukları örnekler yer almaktadır.
- Uçuş öncesi güvenlik kontrolleri hava yolu şirketlerinin ulusal ve uluslararası havacılık otoritesinin belirlediği standartlara göre hazırladıkları "Uçak Güvenlik Araması Çeklisti"ne göre yapılmaktadır. Ancak bir şekilde uluslararası standartlara bağlanmış arama usulleri bulunmasına rağmen uçuşlarda güvenlik ihlali yaratan sahipsiz cep telefonu, tablet, ve diğer malzemelere rastlanmaktadır.
- Uçuş ve yer ekipleri tarafından yolcuların uçağa binişleri sırasında güvenlik amaçlı şüpheli kişileri önlemeye yönelik "profiling" yapılmaktadır. Buna rağmen terör amaçlı olsun olmasın uçuşta yolculardan kaynaklı güvenlik olaylarına rastlanmaktadır.
- Hava yolu işletmelerinde yer alan pilot, kabin memuru, yer görevlisi, vb. tüm personele uluslararası mevzuat gereği periyodik olarak güvenlik eğitimleri

verilmekte, kullanılan prosedürler de titizlikle uygulanmaya devam etmektedir. Ancak buna rağmen güvenlik olayları süregelmektedir.

- Uçuşta güvenliği tehdit eden üç ana tehdit, Kural Dışı Yolcu, Uçak Kaçırma, Bomba Tehdididir. Güvenlik uygulamaları bu ana tehditlere göre biçimlendirilmektedir.
- Güvenlik tedbirlerinin daha ayrıntılı bir hale gelmesi, havaalanı işletmesinin daha maliyetli olarak yürütülmesine, teknolojiye olan bağımlılığın artmasına, güvenlik konusunda daha yetkin olan çalışanlara ihtiyaç duyulmasına ve havaalanlarında uzun zaman alan güvenlik uygulamalarının bazı durumlarda uçuş operasyonlarının gecikmesine, bunun yanında da yolcuların uçaklarını kaçırmalarına sebep olmaktadır. Bunun için hava yolu şirketlerinin güvenlik uygulamalarında “güvenlik ve uçuşta etkinlik” dengesine ihtiyaç bulunmaktadır.
- Uçak güvenliği uygulamalarında;
 - Teknolojik altyapı oluşturmada ve biometrik sistemlerin kurulmasında,
 - Uçuşa yasak malzemelerin bulunması için gerekli teçhizat altyapısını hazırlamasında,
 - Bilgi işlem altyapısına sahip olunmasında ve yolcu bilgilerini tasniflenmesinde,
 - Havaalanı çalışanların güvenlik soruşturmasını yapılmasında, kimlik ve apron kartlarını doğrulanmasında,
 - Uçuş trafiğinde tehdit olacak yerden atılan füze, lazer, mikrodalga silah sistemlerine karşı tedbir alınmasında sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için teknolojik gelişmeleri takip etmeye havacılık tecrübesi olan uzmanlarla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.
- Uçuş operasyonlarında hava yolu işletmesi adına en yetkili kişi Kaptan Pilot'tur. Güvenlik anlayışında meydana gelen

gelişmelere Kaptan Pilotun güvenlikle ilgili yetkilerinin güncellenmesine ihtiyaç vardır.

- Uçuş operasyonları uluslararası bir coğrafyada icra edilmektedir. Bu sebepten dolayı güvenlik konusunda ülkeler arası koordine ve bilgi paylaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.
- İsrail ve ABD gibi güvenlik konusunda çok hassas olan bazı ülkelerde, potansiyeli olarak terör tehdidi bulunan uçuşlarında “Air Marshall- Hava Güvenlik Personeli” görevlendirme uygulaması bulunmaktadır.
- Uçuş güvenliğini tehdit eden en önemli konu terörist eylemlerdir. Terör eylemleri sadece uçak içinde değil, uçakların bulunduğu apron, terminal, havaalanı ve binalarında meydana gelebilmektedir.
- Teröristler, eylemleri için gerekli insan gücünü havaalanlarında çalışan sempatizanlarla internet ve sosyal medya aracılığı ile elde etmektedirler. Bu sebepten dolayı hava yolu şirketlerindeki çalışanların güvenlik soruşturmalarının sürekli olarak güncellenmesi gereklidir.
- Uçaklarla yapılan terör saldırılarının kamuoyu üzerinde psikolojik ve medya etkisi oldukça fazladır. Bunun için hava yolu şirketlerinin güvenlik birimleri ile basın yayın ve halkla ilişkiler birimlerinin güvenlik yönetimi ve güvenlik olaylarının kamuoyu üzerindeki etkilerinin azaltılması konularında ortak çalışma yapmalarına ihtiyaç vardır.
- Terör olaylarında internet ve sosyal medyanın kullanımının artması, terörist grupların da kitlelere küresel erişim yollarını ve yapılarına adam kazanmalarını kolaylaştırmıştır. Bundan dolayı hava yolu şirketlerinin devletin siber güvenlik birimleriyle iletişim halinde olmaları gerekmektedir.
- Hava yollarında uçan uçaklar roket saldırılarına karşı oldukça savunmasızdırlar. Bu uçakların roketlere, yerden havaya atılan füzelere, omuzdan atılan “manpad”lere karşı hiçbir savunma tedbiri yoktur. Bu tür tehditlerin var olduğu bilinen yerlerdeki uçuş operasyonları için

güvenlik güçleriyle kapsamlı bir istihbarat ve gözlem bilgisi paylaşımı gerekmektedir.

- İHA'ların da terörist eylemlerde kullanılma imkanı bulunmaktadır. Bunun için tehdit olarak kabul edilecek özelliklere sahip olan dronların mutlaka uçak gibi tescil ettirilmesi ve kullanıcılarının lisanslandırılması gerekmektedir.
- Hava yolu şirketlerinin simülasyon tesisleri terörist amaçlı eğitim alma faaliyeti için kullanılabilir. Bunun engellenmesi için simülasyon tesislerine girişlerinin de güvenlik kaygılarından dolayı kontrol altında olması, burada uçuş yapmak isteyen kişilerin maçlarının kesin olarak belirlenmesi, şüpheli durumlarda güvenlik kuruluşlarına haber verilmesi ve simülasyon tesislerinin güvenliklerinin havacılık otoritesi tarafından periyodik olarak denetlenmesi gerekmektedir.
- Uçuş sırasında pilotların görme yetilerine zarar verme amaçlı olarak lazer tehdidi bulunmaktadır. Bununla ilgili bilgi paylaşımına ve önleyici tedbirlerin alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır.
- Uçuş güvenliğine doğrudan etkide bulunacak bir siber saldırı olasılığının henüz düşük bir seviyede olduğu görülmektedir. Ancak; hava trafik yönetimi, uçak operasyon yönetimi, GPS sinyallerinin köreltilmesi yolu yapılacak siber saldırılara yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında uçuş güvenliğine yönelik olarak elde edilen bulgular daha ayrıntılı bir çalışma ile çoğaltılabilir. Yukarıda bahsedilen doğrudan terör eylemlerinin yanında, uçuş operasyonlarında son zamanlarda sıkça karşılaşılan “uçakta bomba var” notları, seferdeki uçakla ilgili kimliği bilinmeyen kişiler tarafından yapılan sahte telefon ihbarları, uçakta unutulmuş ancak uçuş sırasında bulunan cep telefonları, uçakların güvenlik sebebiyle acil iniş yapmalarına sebep olmaktadır. Bu tür gerçek ya da sanal tehditler yüzünden yapılan acil inişler ile uçakların kaybedilmesine sebep olan eylemler sonrasında insanlar terörize olmakta, havayolu şirketleri ise ciddi maddi kayıplarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu sebepten dolayı, başta pilot ve kabin görevlileri olmak üzere hava yolu

çalışanlarının ve hava yolu işletmelerindeki güvenlik birimlerinin yapmaları gerekenlerin yer aldığı bir öneri setine ihtiyaç vardır.

7. Hava Yolu İşletmelerinin Güvenlikleriyle İlgili Öneriler

Çalışma kapsamında yer alan güvenlik mevzuatının incelenmesi, meydana gelen terör olaylarının içerik analizlerinin yapılması sonrasında hava yolu çalışanlarının dokümanlarına ve şirketlerin güvenlik birimlerine yönelik olarak bir öneri seti hazırlanmıştır.

Buna göre hava yolu çalışanlarının güvenlik dokümanlarında;

- Çalışanların üniformaları, giriş kartları, güvenlik eğitimleri, havalimanı giriş çıkış, apron bölgesinde bulunma usulleri ayrıntılı bir şekilde yer almalı, standarda bağlanmalı ve bu usul ve standartlara uyum göstermeyenler hakkında uygulanacak idari yaptırımlarla ilgili maddeler hazırlanmalıdır.
- Uçağa yolcuların alımı sırasında kabin ekibi ve yer personelinin nasıl bir “profiling” yapacağı, şüpheli bir durumda ne tür bir hareket tarzı içinde olacağı, hangi birimle iletişim kuracağı ayrıntılı olarak belirtilmelidir.
- “Uçak Güvenlik Araması Çeklisti” teknolojik buluşlara ve gelişmelere göre sürekli güncellenmeli, özellikle kişisel elektronik eşyalar, cep telefonları, tablet ve dizüstü bilgisayarlar, elektronik oyun konsollarına karşı alınacak tedbirlere yer verilmelidir.
- Uçuşta güvenliği tehdit eden Kural Dışı Yolcu, Uçak Kaçırma, Bomba tehditlerinin yanında siber tehdit, elektronik karıştırma, yerden hava atılacak füze ve silah sistemleri, vb. tehditler hakkında da farkındalık yaratacak maddeler ilave edilmelidir.
- Uçuş öncesi yapılan brifinglere, Uçakta Bomba Hasarıyla ilgili olarak “En Az Risk Bulunduran Bölge (LRBL-Least Risk Bomb Location)”nin yeri hakkında bir madde eklenmelidir.

- Çalışanların güvenlik yetkinliklerini arttırmak için kurum tarafından çalışanlarla ilgili güvenlik kleransı uygulaması başlatılmalıdır. Bu uygulamaya ilişkin güvenlik dokümanlarına bölümler eklenmelidir.
- Kaptan pilotun güvenlikle ilgili görev ve sorumlulukları güvenlik sorunu yaratacak kişilere karşı caydırıcı olacak revize edilmeli ve yetkilerini arttıracak yeni maddeler eklenmelidir.
- Meydana gelen güvenlik olaylarının medya etkisini azaltmak amacıyla hava yolu şirketlerinde çalışan personelin bu tür olayları sosyal medyada paylaşmasını engelleyecek maddeler yer almalıdır.
- Uçuş operasyonları sırasında uçağa yönelik olarak yapılacak dron, lazer vb. saldırılarını savuşturmaya yönelik önlemlere yer verilmeli ve bu tür olayların raporlanmasını düzenleyecek başlıklar eklenmelidir.
- Şirkette çalışan personele bir güvenlik kleransı uygulaması başlatılmalı ve bu klerans belirli periyotlar halinde yenilenmeli, güvenlik açığı yaratma potansiyeli olan personelin şirketten uzaklaştırılması sağlanmalıdır.
- Uçuş trafiğinde tehdit olacak yerden atılan füze, lazer, mikrodalga silah sistemlerine karşı tedbir alınmasında sorunlar bulunmaktadır.
- Özellikle güvenlik bakımından sorunlu olan bölgelere olan uçuşlarda İsrail ve ABD’de olduğu gibi “Air Marshall- Hava Güvenlik Personeli” görevlendirilmelidir.
- Ulusal ve uluslararası düzeyde uçuş yapılan bölgelerin güvenlik otoriteleriyle sürekli olarak bilgi alışverişinde bulunulmalı, dron, lazer vb. tehditleri ile siber güvenlik konularına özel bir önem verilmelidir.
- Uçuş eğitimlerinin yapıldığı simülasyon tesislerine giriş çıkışlarla ilgili güvenlik tedbirleri bir “simülasyon güvenlik dokümanı” ile standart haline getirilmelidir.

Hava yolu işletmelerinin güvenlik birimleri ise;

- Terör örgütlerine karşı ulusal ve uluslararası güvenlik kuruluşlarıyla ve meslek örgütleriyle sürekli bir iletişim içinde olmalıdır,
- Yolcuların uçağa geliş usulleri, taşınacak bagaj ve eşyayla ilgili güvenlik limitleri hassasiyetle (malzeme çeşidi, miktarı, ağırlığı gibi bilgileri içerecek şekilde) belirlenmelidir.
- Uçuş ekiplerinin ve yolcuların uçağa binış kartlarının kopyalanma ihtimaline karşı önlem alınmalıdır.
- Tüm şirket personelinin uçuş güvenlik bilinçlerinin en üst seviyede tutulması ve terörist eylemlerin önlenmesi için gerekli eğitim, bilgilendirme ve farkındalık sağlama faaliyetleri artırılmalıdır.
- Uçuş güvenliğini optimize edecek ve “uçuşta güvenlik ve uçuşta etkinlik” dengesini kuracak bir teknolojik alt yapı tesis edilmelidir.

Burada sıralanan öneriler çalışma içinde yer alan mevzuat ve örnek olaylarının içerik incelemelerinin aynı zamanda bir uçuşu bakış açısıyla yorumlanmasından oluşturulmuştur. Diğer bir ifadeyle burada yer alan öneriler uçuşta güvenlik konusuyla ilgili bizzat yapılan gözlemler sonucu ihtiyaç duyulan konulardır. Bu önerilerin hava yolu şirketlerinde bireysel ve kurumsal düzeylerde dikkate alınarak uygulanmasının uçuş güvenliğini arttıracakları değerlendirilmektedir.

8. Sonuç ve Değerlendirme

Havacılık sektöründe meydana gelen hızlı büyüme, aynı zamanda beraberinde güvenlik ve emniyet düşüncelerini beraberinde getirmiştir. Her ne kadar güvenlik konusu operasyon yapılan ülkenin sorumluluğunda olsa da, aynı anda birden fazla ülkede konuşlanmış olan havayolu şirketlerinin varlığı, güvenlik anlayışında ülkeler arası işbirliğini zorunlu hale getirmiştir.

Uçuş emniyet ve uçak güvenliği konuları, havacılık endüstrisinin ekonomik kaygılarına feda edilemeyecek kadar önemli konulardır. Havacılık

sektöründe yer alan tüm oyuncuların emniyet, güvenlik ve karlılık üçgeni içinde bir denge kurmaları gerekmektedir [55]. Çok fazla kısıtlayıcı emniyet ve güvenlik uygulamaları karlılık oranlarını düşüreceği gibi, sadece kar amacıyla yapılan uçuş operasyonları uçuş güvenliği ve emniyetinde risk oluşturacaktır. Bundan dolayı hava yolu şirketleri, Tokyo Anlaşmasının rehberliğinde hazırlanmış olan mevcut ICAO regülasyonlarına göre uçuş operasyonları yapmak ve kurumsal ve bireysel seviyelerde her türlü güvenlik tehditlerine karşı hazır olmak zorundadırlar.

2018 yılında Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün (ICAO) Sözcüsü Anthony Phillip'in yaptığı açıklamaya göre; dünyada sınır aşırı seyahat eden 1.4 milyar turist havayolunu tercih etmiştir, ayrıca dünya ticaret hacminin yüzde 35'i havayolu taşımacılığıyla sağlanmıştır[56]. Bu durumun sürekli olması için uçakların emniyetli olarak uçurulmasının yanında güvenli bir ortamda da operasyonlarının sağlanması gerekmektedir.

Uçuş güvenliği ve uçuş emniyeti günümüz hava taşımacılığının en önemli konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir hava yolu şirketi yolcuları tarafından ne kadar beğenilirse beğenilsin, güvenlik zafiyeti sebebiyle yaşanacak bir terör saldırısı yüzünden telafisi zor yapılacak zararlarla karşı karşıya kalabilecektir. Yukarıdaki örnek terör olaylarında da bahsedildiği gibi, 2016 yılında Atatürk Havalimanında yapılan saldırı ve sonrasında meydana gelen 15 Temmuz darbe girişimi Türk sivil havacılığında yaklaşık 2 yıllık bir gerileme yaşanmasına, hava yolu şirketlerinin büyümelerinin bu 2 yıl boyunca ertelenmesine sebep olmuştur. Benzer bir şekilde Brüksel havalimanına yine 2016 yılında yapılan terör saldırısı sonrasında havalimanının belirli bir süre toptan kapatılmasına sebep olmuş ve maddi manevi bir kayıp yaşanmıştır.

Burada sıralanan gerçeklerden yola çıkarak hazırlanan bu çalışmada, öncelikle yöntem olarak nitel araştırma tekniklerinden arşiv tarama ile mevcut güvenlik mevzuatı ve örnek terör olaylarından elde edilen veriler belirlenmiştir. Devamında ise örnek olaylarla belirlenen verilerle ilgili bir içerik analizi yapılarak birtakım bulgulara

ulaşmıştır. Bulguların, uçuculuk mesleğini icra eden bir pilot olmanın da avantajından yararlanılarak uçuş operasyonlarının doğasına uygun bir şekilde değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonrasında ise bir hava yolu işletmesinde çalışanların güvenlik dokümanlarına ithal edilmek üzere bir öneri seti hazırlanmış, bu öneri seti içine aynı zamanda kurumsal anlamda yapılacaklar listesi de ilave edilmiştir.

Hazırlanan öneri setinde özet olarak;

- Çalışanların güvenlik dokümanları; uçuş güvenliğini tehdit edecek risklere karşı revize edilmeli, bu kapsamda, bireysel standardizasyona önem verilmeli, kaptan pilotların güvenlik konusundaki yetkileri arttırılmalı, sosyal medya, dron, lazer ve teknolojik gelişmeler bağlı olarak geliştirilen tehditlere karşı önlem alınmalı ve uçuş güvenliği ile ilgili tüm konular uçuş öncesi brifinglerde işlenmelidir.
- Kurumsal olarak ise; şirketlerin güvenlik birimleri, her türlü tehdide karşı ulusal ve uluslararası ilgili kurumlarla iletişim içinde olmalı, şirket personelinin uçuş güvenlik bilinçlerinin arttırılması için gerekli eğitim, bilgilendirme ve farkındalık sağlama faaliyetlerini arttırmalı, “uçuşta güvenlik ve uçuşta etkinlik” dengesini kurmalıdır. Ayrıca, ihtiyaca bağlı olarak Türkiye’de olmayan ancak İsrail ve ABD’de uygulanan “Air Marshall- Hava Güvenlik Personeli” uygulaması düşünülmelidir.

Sonuç olarak, yola çıkarak hava yolu şirketinde yer alan yöneticiler ve çalışanların, uçuş ve uçak güvenliği hakkında tam bilgili ve duyarlı olmaları ve kendilerini sürekli olarak güvenlik konusunda güncel tutmaları önemlidir. Aksi halde yapısı gereği güvenlik bakımından oldukça kırılgan olan hava yolu taşımacılığının gelişmesi mümkün değildir. Çünkü uçak güvenliği olmayan yerde yolcu da kargo da olmaz ve hava yolu taşımacılığında da bahsedilemez.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar:


- [1] International Civil Aviation Organization (ICAO), *Part I, International Standards and Recommended Practices (SARP), "International Commercial Air Transport — Aeroplanes"*, 11th edition ICAO, 2018.
- [2] International Civil Aviation Organization (ICAO), "Secretariat Study on the Safety and Security Aspects of Economic Liberalization", European Council Publication, 2005.
- [3] International Civil Aviation Organization (ICAO), "SECURITY, Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference" International Standards and Recommended Practices (SARP), Annex 17, , 9th edition ICAO, 2011.
- [4] European Commmission, EC 300-2008, "Mobility and Transportation, Air Travel, Security", https://ec.europa.eu/transport/modes/air/security/legislation_en. [Erişim Tarihi: 03.06.2020]
- [5] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, (SHGM), "Havacılık İşletmeleri Güvenlik Yönetmeliği ve Organizasyonu", Sivil Havacılık Talimatı STH-17. -3, 2010.
- [6] T. Şahan, "Havacılık Güvenliği", Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Ön Lisans Programı, Ders Notları, İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi 2020.
- [7] Hatice Başkale, "Nitel Araştırmalarda Geçerlik, Güvenirlik ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi , 9(1), 23-28, 2016.
- [8] Creswell, J. W. "Qualitative Enquiry And Research Design: Choosing Among Five Approaches". California: Sage, 2007.
- [9] Denzin, N. K. "The Research Act: A Theoretical Introduction To Sociological Methods", New York: McGraw-Hill, 1978.
- [10] Krefting, L. "Rigor In Qualitative Research: The Assessment Of Trustworthiness", The American Journal of Occupational Therapy, 45 (3), 214-222, 1991.
- [11] Creswell, J.W. "Nitel araştırma yöntemleri", (Çev: Dr. S.B. Demir ve M. Bütün), Ankara: Siyasal Kitabevi, 2014
- [12] E. Gerede "Havacılık Emniyeti Ve Havacılık Güvenliği Kavramları Arasındaki İlişki Ve Farkların Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma", Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Yönetim, Yıl: 17, Sayı: 54, Haziran 2006.
- [13] Statista, "Number Of Flights Performed By The Global Airline Industry From 2004 To 2020," <https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/> [Erişim Tarihi: 27.04.2020]
- [14] Temizel, M. "Terörizmde Yeni Milad: 11 Eylül 2001", Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi , 14 (1-2) , 311-348, 2014.
- [15] Qatar Airlines Publication, "Guidance Material Submission of Airline Operator Security Programme for Qatar Operations" Appendix A, Edition: 01 Revision: 00, Doha, 2016.
- [16] Qatar Airlines, QCCA, "Guidance Material, Submission of Airline Operator Security Programme for Qatar Operations", Doha, 2016
- [17] Qatar Airlines Publication, "Notes on Aircraft Security Search Checklist Form", 2018.
- [18] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) "Havacılık Güvenliği Sistemi", Havacılık Güvenliği Daire Başkanlığı, Birinci Baskı, Yayın No : HGD / G-1, Nisan 2010.
- [19] European Commission MEMO-15-6115-2015, "European Agenda on Security - State of Play", November 17, 2015. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6115_en.htm. [Erişim Tarihi: 20.03.2020]
- [20] AtlasGlobal Hava Yolları, "Operation Manual- Part A", 2018

- [21] Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) Genel Müdürlüğü Havacılık Acil Yardım Ve Güvenlik Dairesi Başkanlığı “Havacılık Güvenliği Eğitim El Kitabı”, [https://www.dhmi.gov.tr/Lists/DosyaYonetimiList/Attachments/270/Havacilik Guvenligi Egitmen ElKitabi.pdf](https://www.dhmi.gov.tr/Lists/DosyaYonetimiList/Attachments/270/Havacilik%20Guvenciligi%20Egitmen%20ElKitabi.pdf). [Erişim Tarihi: 01 Haziran 2020]
- [22] ICAO 1944 Agreement, “Convention on International Civil Aviation” –, Doc 7300, <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>. [Erişim Tarihi: 07 Nisan 2020]
- [23] SHGM, 2018 Yılı Duyurular, “Tokyo Sözleşmesi Tadilatı Cumhurbaşkanımız tarafından onaylandı”, <http://web.shgm.gov.tr/tr/manset-haber/5914-tokyo-sozlesmesi-tadilati-cumhurbaskanimiz-terafindan-onaylandi> [Erişim Tarihi: 27.04.2020].
- [24] Aerotime News, December, 3, 2015 “More than 50 EU airports deploy Itemiser 4DX explosives trace detectors,” <http://www.aerotime.aero/en/airports/airport-s-news/other/20608-more-than-50-eu-airports-deploy-itemiser-4dx-explosives-trace-detectors> [Erişim Tarihi: 17.01.2020].
- [25] B. Hoffman, Inside Terrorism, New York, USA, Columbia University Press. 2006.
- [26] E. Azani, L. Lvovsky, D. Haberfeld, “Trends in Aviation Terrorism”, International Institute for Counter Terrorism, UN, New York, 2016.
- [27] W. Stewart, Evening Standard News, November 23, 2015 “Russian plane crash: Bomb on tourist jet that crashed in Egypt 'was placed under a seat”, , <http://www.standard.co.uk/news/world/bomb-on-russian-tourist-jet-that-crashed-in-egypt-was-placed-under-a-seat-a3120741.html>. [Erişim Tarihi: 07.01.2020].
- [28] A.Jamieson, NBC News March 22, 2016, “Mother of Satan' Explosive Likely Used in Attack: Expert”, <http://www.nbcnews.com/card/mother-satan-explosive-likely-used-attack-expert-n543441>. [Erişim Tarihi: 15.01.2020].
- [29] I. Bloomenthal, R. Rimerman, I. Eichner, R. Case, A. Shomplevi, A. Kotelratz, Ynet News June 29, 2016 , “Flights Renewed in Istanbul. Israelis at the airport: It is chaos, we are exhausted”, <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4821867,00.html>. [Erişim Tarihi: 16.01.2020].
- [30] B. Davies, “Terrorism, Inside a World’s Phenomenon, New York, USA, Virgin Books, 2005.
- [31] Site Intelligence Group, April 21, 2016, “Security Fail: Cologne Airport's Terrorism Emergency Evacuation Plan Accidentally Put On Internet”,. <https://www.rt.com/news/340484-germany-terrorism-cologne-airport/>. [Erişim Tarihi: 16.01.2020].
- [32] M. Townsend, P. Beaumont, The Guardian November 8, 2015, “Russian plane crash: Calls for new era of airport security after Sinai terror”, <https://www.theguardian.com/world/2015/nov/07/new-era-airport-security-sinai-terror>. [Erişim Tarihi: 14.01.2020].
- [33] P. Graff, Reuters News January 29, 2016, “Exclusive: Egypt Air Mechanic Suspected In Russian Plane Crash” http://www.reuters.com/article/us-egypt-crash-suspects-idUSKCN0V712V?Utm_source=twitter. [Erişim Tarihi: 14.02.2020].
- [34] M.Walsh, Daily News. September 3, 2014, ISIS Terrorist From Minnesota Worked At Major American Airport: Report, <http://www.nydailynews.com/news/world/isis-terrorist-minneapolis-worked-major-american-airport-report-article-1.1925924>, [Erişim Tarihi: 13.03.2020].
- [35] T.Lyden, Fox 9. November 2016, "INSIDER THREAT: Side-by-side with a future terrorist at MSP Airport", 2014. Retrieved from: <http://www.fox9.com/fox-9-mn-special-archive/1642467-story>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [36] J.Hayward, Breitbart. November 10, 2015, “Worries about Airport Security after Possible ISIS 'Inside Job' in Egypt”, <http://www.breitbart.com/national-security/2015/11/10/u-s-worries-airport->

- security-possible-isis-inside-job-egypt/. [Erişim Tarihi: 12.03.2020].
- [37] J.Robinson, Dailymail. April 21, 2016, "ISIS bomb maker 'worked at Brussels Airport for FIVE YEARS' before launching suicide attack as it emerges hidden prayer room was found at terminal 'where radicalised staff prayed in secret'" <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3551669/ISIS-bomb-maker-worked-Brussels-Airport-FIVE-YEARS-launching-suicide-attack-emerges-hidden-prayer-room-terminal-radicalised-staff-prayed-secret.html>. [Erişim Tarihi: 12.03.2020].
- [38] J.Jankowski, Planet Free Will. March 25, 2016, "Top Jihadist Claims ISIS Has Agents Working in Western Airports, Metro Stations", <http://planetfreewill.com/2016/03/25/top-jihadi-claims-isis-agents-working-western-airports/>. [Erişim Tarihi: 12.03.2020].
- [39] ICT JWMG Desk, 2015, "Recent Jihadi Discourse Pertaining to Aviation Threats", <https://www.ict.org.il/Article/1508/Recent-Jihadi-Discourse-Pertaining-to-Aviation>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [40] The Guardian December 27, 2015 "Kurdish PKK rebels claim responsibility for deadly Istanbul airport blast", <http://www.theguardian.com/world/2015/dec/27/kurdish-rebels-claim-responsibility-for-deadly-istanbul-airport-blast>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [41] Israel Defense News, August 31, 2014, "The System that prevented the Closure of Ben Gurion Airport", <http://bit.ly/2aRHiru>, [Erişim Tarihi: 10.03.2020].
- [42] Israeli Ministry of Transport, "Serious Incident Case no. 88-15 - Aviation Incidents and Accidents Investigation. Information about security incident," <http://aiiai.mot.gov.il/publication-cbl/hodahot-cll/1236-1099>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [43] A.Ashkenazi, Walla News. August 12, 2015, "Drone Passes a Plane Planning to Land at Ben-Gurion Airport, Nearly Causing a Tragedy" <http://news.walla.co.il/item/2881221>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [44] [44] Israeli Intel Center, "Analyst Notes: Terrorist Eyes in the Sky", Tel Aviv, Israel, Defence Pubs, 2016.
- [45] FAA Publication, "Unmanned Aircraft Systems (UAS) Registration in Federal Aviation Administration", <https://www.faa.gov/uas/registration>. [Erişim Tarihi: 11.03.2020].
- [46] European Cockpit Association- ECA, "Piloting Safety UAS+- Unmanned Aircraft Systems", 2017, <https://www.eurocockpit.be/expertise/uas?page=3>. [Erişim Tarihi: 01.06.2020]
- [47] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) "İnsansız Hava Aracı Sistemleri", Sivil Havacılık Talimatı (SHT-İHA), 2016.
- [48] International Virtual Aviation Organization (IVAIO), "A multiplayer simulator operates as a free social network with tens of thousands of users, including an Israeli community that teaches the work method in Israel", 2016, <http://ivao.org.il>. [Erişim Tarihi: 10.03.2020].
- [49] R. Kais, Ynet News, December 12, 2015, "Report: ISIS training fighters to fly commercial aircraft in Libya", <http://www.ynetnews.com/articles/0,7340,L-4733894,00.html>. [Erişim Tarihi: 10.03.2020].
- [50] FBI Publication, "FBI Simulation Regarding The Dangers Of Laser Pointers Aimed At Airplanes" November 11, 2014, <https://www.fbi.gov/news/stories/2014/february/protecting-aircraft-from-lasers>. [Erişim Tarihi: 12.03.2020].
- [51] ABC News, July 16, 2015, "Pilot Has Blurred Vision After Planes Are Struck by Lasers Near Newark Airport", <http://abcnews.go.com/US/11-planes-struck-lasers-approaching-newark-airport/story?id=32488609>. [Erişim Tarihi: 21.03.2020].
- [52] InfoSec Institute, "Cyber Threats against the Aviation Industry", 2014. <http://resources>.

- infosecinstitute.com/cyber-threats-aviation-industry/ . [Erişim Tarihi: 21.03.2020].
- [53] I. Curiel, Ynet. March 23, 2016, “ Shin Bet Revealed: Jihadist Breached IDF Drone Systems.”
<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4782233,00.html>. [Erişim Tarihi: 22.03.2020].
- [54] European Commission Report, “Commission presents a new Aviation Strategy for Europe”, December 7, 2015. Retrieved from: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6144_en.htm. [Erişim Tarihi: 23.03.2020].
- [55] M.M. Başdemir, “Tüm Havacılar İçin Ekip Kaynak Yönetimi”, İstanbul, Türkiye, Beta Yayınevi, 2020.
- [56] Turizm Günlüğü 2019, “2018 Yılı Uluslararası Havayolu Trafiği Rakamları Açıklandı”, <https://www.turizmgunlugu.com/2019/01/10/2018-yili-uluslararasi-havayolu-trafigi-rakamlari-aciklandi/>. [Erişim Tarihi: 22.04.2020].

Hava Trafik Kontrol Acil Durum Yönetimi Simülasyonlu Eğitim Uygulamalarında Probleme Dayalı Öğrenme Yönteminin Kullanımı: Kuramsal Bir Bakış

Uğur TURHAN¹ , Birsen AÇIKEL² , Tarık GÜNEŞ^{3*} 

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

² Kastamonu Üniversitesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, Kastamonu, Türkiye

³ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Uçak Gövde Motor Bakım Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Özet

Bu makalenin amacı, akademik olarak uygulanan probleme dayalı öğrenme (PDÖ) ve havacılık çevresindeki simülasyonlu acil durum eğitiminin (SADE) benzer yönlerini ortaya koymak ve hava trafik kontrolörü eğitimi performansını geliştirebilecek öneriler geliştirmektir. Bu amaçla probleme dayalı öğrenme hakkında bilgi verilmiş ve karşılaştırmalı olarak hava trafik kontrolörü yetiştirmede simülasyonlu acil durum eğitimi uygulama süreçleri ele alınmıştır. PDÖ ve SADE arasında senaryolarla probleme dayalı çözümlerin geliştirilmesi, öğrencilerin sorumluluk almaları, öğrencilerin cesaretlendirilmesi, gerçek olaylardan seçilen acil durumların öğrenciye direkt olarak bilgi verilmeden çözülmesinin istenmesi gibi benzerlikler ve destekleyici yönler bulunmaktadır. Acil durumlarda hava trafik kontrolörlerinin rollerinden hareketle PDÖ ve SADE uygulamalarının birlikte ele alınmasının geçerli ve güvenilir yöntem kullanımı gibi potansiyel faydaları tartışılmıştır. Hava trafik kontrolörlerinin acil durum görevlerinin simülasyonu hakkında bilgiler verilmiştir. Son olarak, hava trafik yönetiminde acil durum eğitimi için sonuç ve öneriler verilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen karşılaştırmalı yaklaşım ile eğitim alanında sistemli şekilde gerçekleştirilen uygulamaların havacılık operatörlerinin yetiştirilmesinde daha yaygın ve etkin bir şekilde temel alınması vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Trafik Kontrolörü Eğitimi, Probleme Dayalı Öğrenme, Simülasyonlu Acil Durum Eğitimi, Acil Durum Eğitimi.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tarık GÜNEŞ, tarikgunesand@gmail.com

Alıntı/Citation: Uğur T., Açikel B., Güneş T. (2020). Hava Trafik Kontrol Acil Durum Yönetimi Simülasyonlu Eğitim Uygulamalarında Probleme Dayalı Öğrenme Yönteminin Kullanımı: Kuramsal Bir Bakış J. Aviat. 4 (1), 147-161.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-0653-0630>; ² <https://orcid.org/0000-0002-6067-5697>; ³ <https://orcid.org/0000-0003-3098-7654>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.713537>

Geliş/Received: 2 Nisan 2020 **Kabul/Accepted:** 5 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 22 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

Emergency Management Simulation Practices with Problem Based Learning Method in Air Traffic Control Training: Theoretic Approach

Abstract

The aim of this paper is to present similar principles and specifications of academically developed problem based learning (PBL) and experiences of simulated emergency training (SET) in aviation environment and also provide suggestions to improve performance of air traffic controller emergency training. For this purpose, the information about problem based learning was given basically and applications with sample scenarios were discussed comparatively about simulated emergency management training for air traffic controllers. There are similarities and supportive elements between PBL and SET such as development of solutions based on problems and scenarios, student encouragement, student instruction without direct information to perform management of emergencies taken from real cases. The potential benefits of combining problem based learning and simulated emergency training approaches as reliability and validity were discussed considering the roles of air traffic controllers. The simulation details of air traffic controller tasks were given for operational emergency situations. Finally, the conclusion and suggestions were presented for emergency training in air traffic management.

Keywords: Air Traffic Controller Training, Problem-Based Learning, Simulated Emergency Training, Emergency Training.

1. Giriş

Havacılıkta problemlerin çözülmesi ve acil durumların en az insan ve mal kaybı ile etkin bir şekilde yönetilmesinde insan faktörü baş aktördür. Uçuş emniyetinde hava trafik kontrolörleri, pilotlar, hava aracı bakım teknisyenleri, dispeçerler ve diğer destek personelin acil durum yönetiminde doğrudan katkısı bulunmaktadır. Havacılık operasyonları gerçekleştirilirken ortaya çıkabilecek beklenmeyen ve acil durumların yönetilmesi için deneyimlerden yola çıkarak tanımlanmış yöntemler olmasına rağmen, her bir durum kendine özgü hassas etkenlere ve değişkenlere sahip olabilir. Bu yüzden acil durum performansının geliştirilmesi için uygulamalı operatör eğitiminde yüksek benzetim (simülasyon) ve insan faktörlerini temel alan eğitim yöntemleri benimsenmektedir.

Havacılık çevresinde emniyet yönetim sistemleri kapsamında acil durumların yönetilmesi için de standart uygulama gereklilikleri belirlenmiştir. Bu standart uygulamaların hem temel hem de sürekli ve tazeleme eğitimleri kapsamına alınması havacılık otoriteleri tarafından zorunlu görülmektedir [1]. Havacılıkta uluslararası standartlarda uçuş emniyeti ve etkinliğini küresel olarak sağlamak ve geliştirmek için gereklilikler ve uygulamalar bulunmaktadır [2]. Havacılıkta yaşanan teknolojik gelişmelere rağmen tam anlamıyla yönetilemeyen değişkenlerin varlığı, öngörülemeyen problemlere ve bunun sonucunda da acil durumların yaşanmasına neden olmaktadır. Yönetilemeyen değişkenler arasında hava durumu, insan faktörleri, hava aracı ve diğer tüm donanımlardaki teknik

arızalar, terör saldırıları gibi kanunsuz girişimler, doğal afetler vb. problemler bulunmaktadır [3]. Yönetilemeyen değişkenler nedeniyle sistemde emniyet ve etkinlik açısından yaşanan problemler, hava trafik kontrolörleri gibi birincil etkisi olan operatörlerin rollerini daha da önemli hale getirmektedir. Kontrolörlerin davranışlarını ve tutumlarını probleme dayalı öğrenme teknikleriyle olumlu yönde geliştirmek bu duruma çözüm olarak görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, hava trafik kontrolörlerinin simülasyonlu acil durum eğitimlerinde kullanılan yöntemlerin probleme dayalı eğitim yöntemleri ile benzerliğini simülasyon uygulamalarından örnekler vererek betimlemek ve havacılık personelinin eğitiminde daha yaygın bir şekilde kullanılması için öneriler sunmaktır. Hava trafik kontrolörlerinin temel ve işbaşı eğitimleri geçmişten günümüze kadar deneyimli kontrolörlerin yeni kontrolör adaylarına bilgi ve deneyimlerini aktarmaları ile gerçekleşmiştir. Akademik kurumlarda verilen hava trafik kontrol eğitimleri ve bu alandaki araştırmaların sonuçlarının ve öneminin kavranması ile temel ve işbaşı eğitimlerinde akademik kazanımlardan faydalanma gereği ve eğilimi artmaktadır.

2. Hava Trafik Kontrol ve Acil Durum Yönetimi

Türkiye’de ve dünyada sürekli olarak artan hava taşımacılığı talebini karşılamada hava trafik yönetimi merkezi bir role sahiptir. Hava trafik

yönetiminde en önemli insan faktörü ise hava trafik kontrolörleridir. Emniyetli ve etkin bir şekilde hava trafiğini yönetebilecek nitelikli hava trafik kontrolörleri yetiştirme ihtiyacı da buna bağlı olarak artmaktadır. Hava trafik kontrolörleri gibi operasyonel personelin uygulamalı ve probleme dayalı öğrenme teknikleri ile yetiştirilmesi acil durum yönetimi performansını istenen ve sürdürülebilir düzeyde tutmak için gereklidir. Hava trafik kontrolörlerinin eğitimi ve iş başında yetiştirilmesi geçmişten günümüze alaylı yöntemlerden akademik yöntemlere doğru gelişme göstermektedir. Eğitimde öğrenme hedefleri, hava araçlarının birbirlerine ve mânalara tehlikeli biçimde yaklaşmalarını ve uçuşlardaki gecikmeleri engelleyecek emniyet ve etkinlik standartlarını sağlamaktır.

Hava trafik kontrol eğitiminin verilmeye başlandığı zamanlardan günümüze kadar, simülasyonlu eğitimde senaryolar tasarlanarak oluşabilecek potansiyel emniyetsiz durumlar yaratılmakta ve bu problemleri çözebilmeleri için kontrolör adayları öğrenciler ve deneyimsiz kontrolörler yetiştirilmektedir. Gelişmiş simülasyon teknolojileri daha gerçekçi eğitim senaryolarını gerçekleştirmeye yardımcı olmaktadır. Sözelimi üç boyutlu kule simülatörleri ile gerçekçi bir kule ve sistemleri, havaalanı ve çevresindeki operasyonları, hava koşulları ve tüm sıra dışı ve beklenmeyen olaylar canlandırılabilir. Bu sayede akademik olarak geliştirilen probleme dayalı öğrenme yöntemlerini sistemli bir şekilde simülasyonlu eğitimde kullanmak, daha nitelikli hava trafik kontrolörleri yetiştirmek için gereklidir. Bu anlamda probleme dayalı öğrenme yöntemleri ile hava trafik simülasyonlu eğitim yöntemlerinin uyumlaştırılması ve benzer yönleri bu çalışmada ele alınmaktadır.

Havacılık faaliyetlerinde asıl amaç emniyetli ve etkin uçuşun gerçekleştirildiği hava trafik yönetimi olduğuna göre, sistemde bu amaçlar doğrultusunda olmayan herhangi bir durum problem olarak görülebilir. Genel olarak acil durumlar, ciddi, beklenmeyen ve acil müdahale gerektiren tehlikeli durumlar şeklinde tanımlanmaktadır [4]. Acil durumlar havacılık çevresi ve hava trafik kontrolörleri için hızlı bir şekilde çözülmesi gereken problemlerdir. Hava trafik kontrolörleri emniyet ve etkinlik açısından ortaya çıkan ya da

çıkma potansiyeli olan problemleri çözmeye görevini yerine getirmektedirler. Bu görevin yeterliliği ve sürdürülebilirliği kontrolörlerin çoklu görev performansının başarısına bağlıdır [5]. Zihinsel, fiziksel ve davranışsal olarak ortaya koydukları ve koyacakları çalışma performanslarında temel, sürekli ve geliştirme eğitimleri hayati öneme sahiptir.

Günümüzde gerçek operasyonel çevreyle uyumlu ve uluslararası eğitim gerekliliklerine göre verilmesi gereken hava trafik kontrol eğitimi daha da önemli hale gelmiştir. Hava trafik kontrol eğitiminde teorik sınıf eğitimi ile birlikte gelişmiş canlandırma teknolojilerinin kullanıldığı simülasyonlu eğitim ile gerçeğe yakın hava trafik senaryoları verilmektedir. Bu sayede öğrenciler gerçek operasyonel çevreye daha etkin bir şekilde hazırlanabilmekte ve uygun eğitim sayesinde mezunlar kısa sürede çalışacakları ortama uyum sağlayabilmektedir. Simülasyonlu eğitim ile hava trafik kontrolörü adaylarının operasyonel çalışma çevresinde karşılaşılabilecekleri emniyet ve etkinlikle ilgili problemler gerçekçi bir şekilde canlandırılabilir.

Hava trafik yönetimi tüm sivil havacılık sisteminde merkezi bir role sahip olduğu için, acil durumların belirlenmesi, yönetilmesi ve çözüm üretilmesi açısından da iletişim ve koordinasyon aktörü olarak hava trafik kontrolörleri sorumluluk almaktadırlar. Bu nedenle hava trafik kontrol eğitimi alan öğrencilere karşılaştıkları acil durumlarda gerekli bilgileri nasıl elde edecekleri, elde ettikleri bu bilgileri nasıl değerlendirecekleri ve karşılaştıkları problemleri çözmek için bu bilgiyi nasıl kullanacaklarının öğretilmesi çok önemlidir.

Havacılık sisteminde yaşanan ve yaşanabilecek acil durumların yönetiminde, hava trafik kontrolörleri acil durumun öğrenilmesi, fark edilmesi, duyurulması ve yönetilmesi açılarından aktif bir role sahiptir. 1977 Mart ayında İspanya'nın Tenerife adasındaki Los Rodeos havalimanında iki Boeing 747 uçağı pistte çarpışmış ve 583 kişi hayatını kaybetmiştir. Havacılık olay ve kazaları bir tek nedenden gerçekleşmez. Genelde emniyet ve güvenlik standartlarının yüksek olduğu havacılık sisteminde hataların ard arda gelmesi bir başka deyişle 'hatalar zinciri' nedeniyle kazalar olur. Tenerife kazasının başlangıcı ise, bir yolcunun başka bir havalimanında bomba ihbarı yapması

üzerine verilen güvenlik alarmını nedeniyle uçuşların Tenerife'ye yönlendirilmesine dayanmaktadır. Yoğun hava trafiği, düşük görüş şartları ve iletişim problemlerinin eklenmesiyle bu facia yaşanmıştır. Kazanın başlangıcı bir güvenlik olayı ile olmuş, daha sonra uçuş emniyeti açısından yaşanabilecek en kötü durum tecrübe edilmiştir [6]. Hava araçlarında, havaalanlarında, yolcu terminallerinde yaşanabilecek acil durumlar ya da acil durum olasılıkları sistemde kartopu etkisi yaratır. Bunun ana nedeni tüm uçuşların ve ilgili tüm havaalanları ve alt sistemlerinin birbirine çok karmaşık bir yapı ile bağlı olmasıdır. Söz gelimi, bir uçuş için bomba ihbarının hava trafik kontrol kulesine bir şekilde bildirilmesiyle acil durum prosedürleri başlatılır ve bu durum uçuşun gecikmesi ve iptali ile sonuçlanabilir. Bu durumda o uçuş ile ilgili tüm ulusal ve uluslararası operasyonel süreçler etkilenir. Hava aracının park yerini boşaltamaması diğer uçuşları ve hava trafik organizasyonunu olumsuz etkiler ve karmaşıklık artırır.

Emniyet ve güvenlik kültürü "beklenmeyi bekle" sloganını benimsemiştir. Türkiye'de ise 25 Nisan 2015 tarihinde yaşanan bir acil durum hava trafik kontrolörlerinin ses kayıtlarının sosyal medya ve haber kanallarında yayılması ile büyük ilgi çekmiştir. Atatürk Havalimanı 35 numaralı pistine iniş yapan ve 97 yolcu taşıyan bir A320 uçağı, motorlarından birini piste çarparak inişten vazgeçerek tekrar havalanmıştır. Daha sonra hasarlı motorunda yangın çıkmış ve hava trafik kontrolörlerinin desteğiyle tekrar piste iniş için gelerek inmeyi başarmış ve uçak pistten çıkarak durabilmiştir. Kontrolörlerin acil durum prosedürlerini devreye sokması ve ilgili birimleri yönlendirmesi ile olay başarı ile kontrol altına alınmıştır. Bu durumun ardından pist trafiğe kapatılmış ve oldukça yoğun bir trafiğe sahip Atatürk Havalimanında yaşanan karmaşıklık nedeniyle uzun süreli uçuş gecikmeleri meydana gelmiştir [7].

Havacılık çevresinde yaşanan kanunsuz girişimler de acil durum yönetimi kapsamında yer almaktadır. Bu olaylardan en önemlisi 11 Eylül saldırılarıdır. 11 Eylül olaylarından sonra hava trafik yönetimi ve kontrolörler, tüm sivil havacılık sisteminde acil durum yönetimi açısından daha da önemli hale gelmiştir. Ayrıca bu saldırılar hava

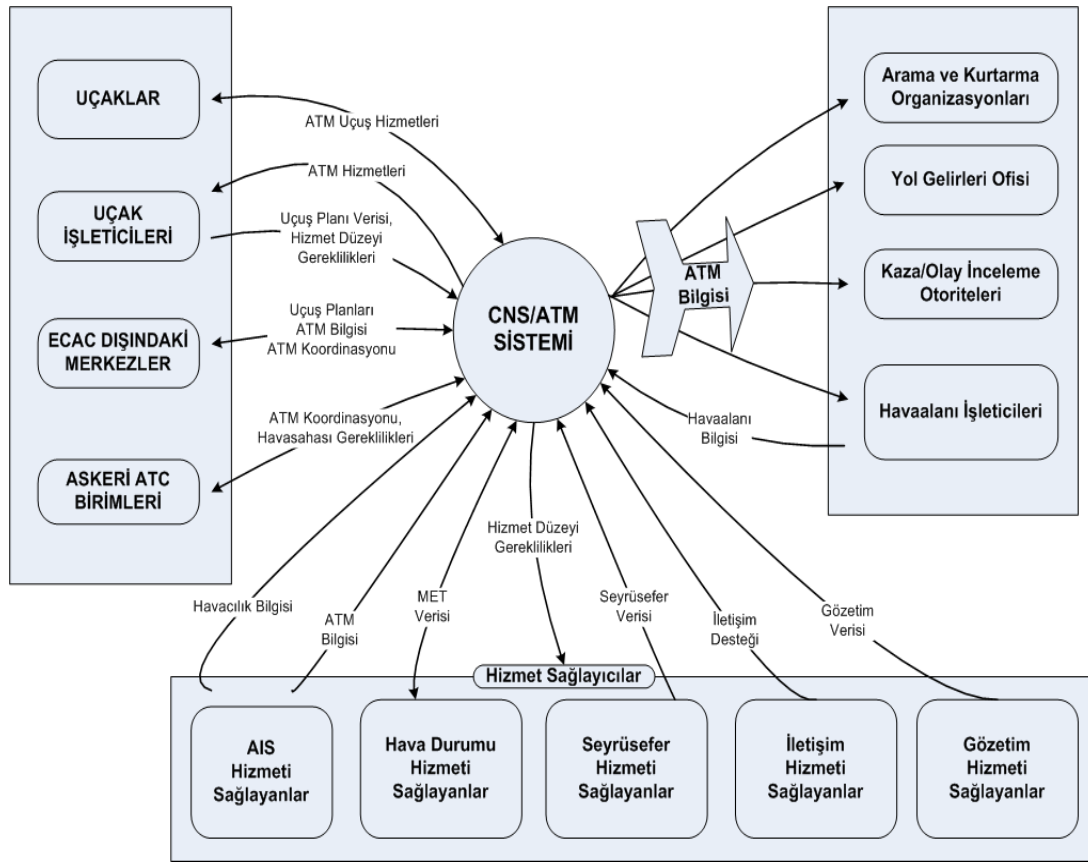
trafik yönetiminde daha önce öngörülmemiş bir değişiklik ve strateji yaratmıştır. Kontrolörler tarafından beklenmeyen olaylar olduğu için facia ile sonuçlanmıştır. 11 Eylül 2001'de El-Kaide terör örgütüne bağlı teröristler ABD'de iç hatlar uçuşlarını gerçekleştirmek üzere olan dört uçağı kaçırdılar. 07.59'da Boston'daki Logan Uluslararası Havaalanından kalkan, Los Angeles'a uçan Amerikan Hava Yolları'na ait Boeing 767-223ER tipi uçak 08.16'da rotasından sapmıştır. Sabah 08.46'da beş teröristin kaçırdığı American Airlines'a ait 11 sayılı yolcu uçağı, Dünya Ticaret Merkezi'nin kuzey kulesine çarptı [8]. İlk saldırıdan 17 dakika sonra, beş teröristin kaçırdığı United Airlines'a ait 175 sayılı uçağın güney kuleye çarpmasını tüm dünya naklen izledi. İkinci kulenin vurulmasından 34 dakika sonra, saat 09.37'de beş teröristin kaçırdığı American Airlines'a ait 77 sefer sayılı üçüncü bir uçak ise Virginia, Arlington'daki Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı Pentagon'a çarptı. Pentagon'dan 26 dakika sonra, "havada başka hava aracı var mı?" endişesi doruğa çıktığında dört teröristin kaçırdığı asıl hedefinin, Washington'da Beyaz Saray ya da Parlamento Binası Capitol olduğu tahmin edilen United Airlines'a ait 93 sayılı dördüncü uçağın Pennsylvania'da yolcular kokpiti teröristlerden geri almaya çalışırken kırsal alana düştüğü haberi geldi [9]. Yaşanan bu olayda olduğu gibi bir acil durumun hem uçuş ekibi hem de kontrolörler ve acil durum müdahale ekipleri ile birlikte başarıyla yönetilmesi insan hayatının korunmasını sağlamıştır. Bu gibi problemler birden ortaya çıkmakta ve hava aracı hızıyla orantılı olarak çözümler üretilmesini gerektirmektedir. Bu ise ayrıntılı ve gerçekçi problemlere dayalı eğitimlerle sağlanabilir. Bu çalışmada hava aracı motor arızası ve yangını, simülasyonlu acil durum eğitimi (SADE) senaryosu ile ele alınacaktır.

Her hava aracı diğer hava araçları, yer araçları ve manialarla hava sahası ve pist gibi kaynaklarını paylaşırken, hava yolları da yolcu konforu, yakıt tüketimi ve seyahat süresi gibi faktörler açısından işlettikleri hava araçlarının operasyonel performanslarını ve buna bağlı olarak kendi performanslarını arttırmak istemektedir [10]. Uçuş emniyeti ve etkinliği tüm paydaşların sorumluluğudur.

Bir uçuş ulusal ve uluslararası hava sahalarında tüm birimler arasında en üst düzeyde iletişim ve koordinasyon ile gerçekleştirilir. Burada baş aktörler hava trafik kontrolörleriyle pilotlar iken başka diğer personel ve izleme-kontrol teknolojileri gibi etkili tüm paydaşlardan da destek alınır. Şekil 1 'de görüldüğü gibi hava trafik yönetimi havacılık sistemindeki tüm paydaşlar ile direkt etkileşim halinde ve merkezi bir role sahiptir.

Hava Trafik Kontrol Yönetimi, bir uçuşun belli bir noktadan diğerine gerçekleştirilmesinde hava ve

yer temelli (CNS) tüm kaynakların kullanılarak bir hava sahası içindeki hava araçlarını koordine etmek ve trafik akışının emniyetli, etkin ve verimli olarak sağlanması için hava araçlarının yönlendirilmesidir. Başka bir ifadeyle hava trafik kontrol yönetimi sisteminin amacı, yer temelli ve havayla bağlantılı sistemler ile uçuşların tüm safhalarında, hava trafik akışının ekonomik, etkin ve emniyetli bir şekilde gerçekleştirilmesidir.

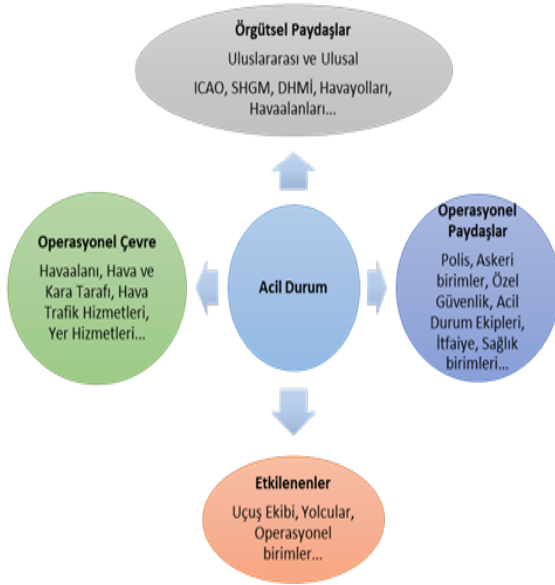


Şekil 1. Hava trafik yönetimi ve paydaşları (Turhan, 2007)

Hava trafik kontrolörleri ise bu etkileşimi gerçekleştiren insan faktörüdür. Acil durum yönetiminde de hava trafik kontrolörleri sürecin iletişim, koordinasyon ve kumanda aktörüdür.

Genel olarak acil durum bilgisinin alınması, fark edilmesi ve ilgili birimlere iletilmesi hava trafik kontrolörleri tarafından gerçekleştirilir. Sonraki süreçte acil durum prosedürleri başlatılır ve ilgili paydaşlar ile iletişim ve koordinasyon sağlanarak durum normale dönene kadar yönetilir.

Etkin bir iletişim, koordinasyon ve kumanda acil durum yönetiminin başarısında belirleyici olmaktadır. Hava trafik kontrolörleri hem kendi ekipleri içinde hem de diğer birimler ile hızlı ve etkin iletişim kurmak durumundadırlar. Acil durumların doğası gereği zamana karşı performans ortaya koyulduğu için iletişimin belirlenmiş standartlar kapsamında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu standart iletişim ve koordinasyon becerileri hava trafik kontrolörlerine uygulamalı eğitim ile kazandırılabilir.



Şekil 2. Acil durum paydaşları

Acil durumlarda kontrolörlerin ne yapması gerektiği geçmişte yaşanan deneyimlerden yola çıkarak geliştirilmiştir. Kontrolörler uçuş ekibine yardımcı olabilecek her türlü imkânı sağlarken ilgili tüm paydaşlarla iletişim sağlar ve yönlendirir. Acil durum yönetiminde çok sayıda paydaşın birbirleriyle etkileşim içerisinde olması ve verimli müdahalesi önem taşımaktadır. Şekil 2’de bir acil durum yönetimi için potansiyel paydaşlar verilmektedir. Tüm bunlar Şekil 3’deki gibi özetlenebilir. Farklı düzeyde yetkilere sahip ve farklı operasyonel yapıda bulunan otorite ve birimlerle kurulması gereken karmaşık iletişim, koordinasyon ve kumanda etkileşimi hava trafik kontrolörlerinin hali hazırda zor ve karmaşık olan görevlerini acil durumlarda daha da zor hale getirmektedir. Bunun temel nedeni hava trafik kontrolörü ve uçuş ekibinin işlerinin operasyonel gerekliliklerinin ve yöntemlerinin diğer paydaşlar tarafından tam bilinmemesidir. Bu yüzden hava trafik kontrolörleri acil durumlarda uçuş ekibinin dışındaki diğer paydaşlarla güçlükler yaşayabilir.



Şekil 3. Acil durumda iletişim, koordinasyon ve kumanda [12] (Price ve Forrest, 2016)

3. Acil Durum Yöneticisi Olarak Hava Trafik Kontrolörleri

Hava trafik kontrolörleri, hava araçlarının içindeki yolcu ve faydalı yüklerin bir noktadan başka bir noktaya gerçekleştirdikleri uçuşlarının emniyetli, düzenli, hızlı bir şekilde gerçekleşmesi için uçuşun tüm aşamalarını yöneten, başka bir ifadeyle hava araçlarının havadaki ve havaalanı civarındaki trafiklerinin akışını sağlayan meslek grubudur [13]. Hava trafik kontrolörleri, hava taşımacılığına artan talep ve havayolu trafiği düşünüldüğünde günümüzde dünyayı birbirine bağlayan hava ulaşım ağının olmazsa olmaz elemanlarıdır. Bu nedenle hava trafik kontrolörlerinin devreden çıktığı bir anda veya eğitimlerindeki eksiklikler ve yanlışlıklar gibi performanslarını düşüren etkiler söz konusu olduğunda küresel ve bölgesel olarak çok ciddi ekonomik ve sosyal kayıplara uğrayabilmektedir. Hava trafik kontrolörleri havayolu taşımacılığında emniyeti ve verimliliği sağlayan en önemli etkidir [11]. Bu derece önemli bir meslek grubunun alması gereken eğitimin de önemi büyüktür.

Amerika’da yaşanan 11 Eylül terör saldırıları, bugüne kadar yaşanan en büyük trajedidir. Küreselleşmenin tüm ülkeleri ve insanlığı nasıl ilgilendirdiği ve etkilediğinin ve hava taşımacılığının da bunda ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Bu terör olayının etkisi Amerika ile sınırlı kalmayan ve bütün dünyayı aynı oranda ilgilendirmiş ve dünya merkezlerinde aynı şiddetle hissedilen küresel bir terör olmuştur [14]. Dünya Ticaret Merkezi ve Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı Karargâhı Pentagon olmak

üzere farklı noktalara yapılan saldırılarda toplam 2977 masum insan hayatını kaybetti. Saldırıda 20 milyar dolara varan maddi kaybın yanında, bir hafta boyunca Amerika Birleşik Devletleri hava sahasını kapatmıştır. Amerika Birleşik Devletleri hava sahasını kapatma kararıyla Kanada ve İsrail'de hava sahalarını kapattılar. Bu kararların ardından bu bölgelerde havacılık faaliyetleri durmuş, insanlar New York başta olmak üzere birçok kentte işlerine gidememiştir. Dünya Ticaret merkezinde ticari faaliyetlerini sürdüren 47 ülkeden çeşitli insan ve firmalar büyük maddi kayıplarının dışında bilgi sistemlerini, istihbaratlarını kaybetmiştir. Bütün bunların sonucunda dünya çapındaki hava taşımacılığı yapan bazı firmalar kapanmış veya zarar etmiş, sigorta şirketleri iflas etmiştir [15].

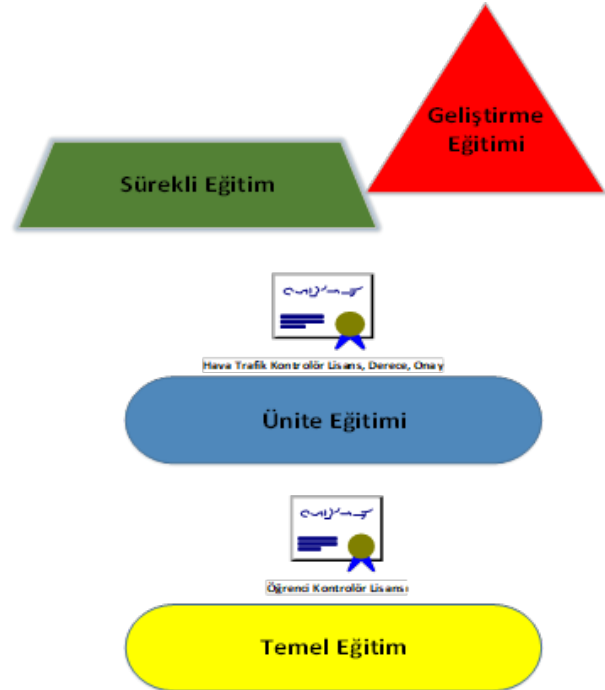
Teröristler 11 Eylül 2001'de dört uçağın kontrolünü ele geçirdiğinde, FAA'nın Herndon, komuta merkezinde hava trafik kontrol operasyonlarından sorumlu şef Ben Sliney görev yapmaktaydı. Terör olayı gerçekleştiğinde Sliney, ülke çapında 4.000'den fazla hava aracı için emsalsiz bir emir verdi [16]. Terör olayında kullanılan dört uçağın haricindeki diğer 4000'den fazla hava aracı da potansiyel terör riski olarak kabul edilerek, Amerika Birleşik Devlet hava sahasındaki tüm hava araçlarına kendilerine en yakın herhangi bir havalimanına inmelerini söyledi. Ben Sliney ilk iş gününde aldığı karar ile büyük bir cesaret ve iyi bir acil durum yöneticisi örneği olmuştur. Otorite ve devletin emrini beklemeden aldığı bu karar hava trafik kontrolörlerinin acil durumlarda ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu strateji uygulanırken ülkedeki tüm hava trafik kontrolörleri birlikte hareket ederek havadaki hava araçlarını kısa sürede en yakın havaalanlarına indirmişlerdir [16]. Bu yaşananlardan sonra kanunsuz girişimler gibi tüm acil durumlarda hava trafik kontrolörü eğitimindeki önemi daha da artmıştır.

4. Hava Trafik Kontrol Eğitimi

Hava trafik kontrol eğitimleri temel ve işbaşı eğitimi olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Acil durum yönetimi hem temel eğitimde hem de işbaşı eğitiminde çalışılan operasyonel çevreye/hava sahasına uygun olarak verilmektedir. Şekil 4'te eğitim aşamaları verilmektedir. Buna göre kontrolör adayları önce temel eğitime alınmakta ve başarılı

olanlar öğrenci kontrolör lisansı olarak işbaşı eğitimlerini tamamlayarak operasyonel ortama uyum sağlamaktadırlar. Hava trafik kontrolörleri çalıştıkları süre boyunca da sürekli eğitim almaktadırlar. Acil durum eğitimleri daha çok sürekli eğitimler kapsamında verilmektedir. Geliştirme eğitimlerinde ise kariyer gelişimlerine ve alacakları sorumluluklara göre eğitimler almaktadırlar.

Hava trafik kontrol eğitim kurumlarında hava trafik kontrolörü adaylarına verilen temel eğitim, ulusal ve uluslararası standartlara uygun düzeydedir. Öğretim süreci hava trafik kontrolörlüğü için gerekli olan temel dersler, teorik dersler ve bu teorik derslerin hava trafik kontrol simülatörlerinde senaryolarla uygulamalı eğitim ile verilmesinden oluşmaktadır. Hava trafik kontrol eğitimlerinde içerik hava trafik gecikmeleri, kapasite problemleri ve acil durum senaryoları gibi trafik sistemi problemlerinin çözümlenebilmesi için gerekli bilgileri de kapsamaktadır. Hava Trafik Kontrol öğrencilerine mevcut teknolojilerden yararlanılarak havacılığın temel bilgilerini, hava trafik kontrol yöntemlerini öğretmek, deneysel ve teorik olarak takım çalışması yaparak araştırma ve problem çözme yeteneği kazandırmak amaçlanmaktadır [17].



Şekil 4. Hava trafik kontrolü eğitim aşamaları [18] (Eurocontrol, 2004)

Hava trafik kontrolörlerinin temel ve süreklilik eğitimlerinde birebir ve takım eğitimi uygulamaları gerçekleştirilir. Meydan kontrolörleri genel olarak havaalanı ve yakın çevresindeki yer ve hava trafiğinin emniyeti ve etkinliğinden sorumludurlar. Bu operasyon çevresi zaman ve yer kısıtının olduğu oldukça karmaşık ve yoğun bir hava trafiğine sahiptir. Aynı zamanda havaalanına gelen ve ayrılan uçakların tüm yolcu, bagaj ve uçuş operasyonu işlemleri gerçekleştirildiği için problemlerin yaşanması kaçınılmazdır.

Hava trafik kontrolörü öğrencilerine Meydan kontrol, Yaklaşma kontrol, Saha kontrol, Uçuş bilgi ve İkazdan oluşan Hava Trafik Hizmetleri için özelleştirilmiş uygulamalı eğitimler verilmektedir. Bu eğitimlerin temel kapsamı Uluslararası Havacılık Teşkilatının (ICAO) verdiği eğitim içeriğini karşılamak durumundadır. Eğitim verecek kurum ve eğitmenlerin yine uluslararası yeterlikte olması gerekmektedir. Bu yeterlikler ICAO Ek 1 dokümanında ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü SHY 65-01 dokümanında belirtilmektedir.

Uçuş emniyetinde yaşanabilecek acil durumlar bir ya da birden fazla uçağı ve yolcularını, yerdeki insanları olumsuz etkileyebileceği ve ciddi maddi kayıplara neden olabileceği için acil durum eğitiminin, simülasyonlu eğitim ortamında verilmesi ve belirli temel bilgi ve becerilerin kazandırılması gerekmektedir. Operasyonel çevrede bir kontrolör önemli bir acil durum ile karşılaşmadan uzun süre çalışabilir. Ancak bir acil durum yaşandığında eğitimdeki öğrenme ve tecrübelerine dayanarak kısa sürede çözüm üretebilir ve insan hayatını koruyabilir. Bu çalışmada meydan trafik kontrolörlerinin probleme dayalı senaryolar ile acil durum yönetimi için yetiştirilmesine odaklanılmıştır.

5. Probleme Dayalı Öğrenme (PDÖ)

Meslek eğitiminde belirli bir öğretim yöntemi seçilir ve uygulanırken verilmesi gereken eğitimin mesleğe uygunluğu için eğitim öğretim yöntemleri ve yaklaşımlarının doğru seçilmesi önemlidir. Sosyal ve iş hayatımızın önemli bir bölümü karşılaştığımız problemleri çözmeye çalışmakla geçer [19]. Günümüzde, mezun bireyin eğitimini tamamladığında, birebir ilişkilerinde, takım çalışmalarında, problem çözmede, karar verme süreçlerinde, etkili iletişim ve liderlik konularında

yüksek düzeyde düşünme ve bilişsel beceriler ile donatılmış olması gerekmektedir. Öğrenmenin çıktılarının, yüksek düzeyde bilgi edinme, bilginin ve/veya işlemlerin basit bir şekilde hatırlanması olmayıp aynı zamanda gelişen bilgi ve teknoloji çağında yaratıcılık yeteneğine sahip, problem çözüme, analiz ve değerlendirme becerileri gelişmiş bireyleri de yetiştirmektir [20].

Probleme dayalı öğrenme, temelini 1910'lu yıllarda John Dewey'in "yaparak, yaşayarak öğrenme" prensibiyle geliştirilmiş, öğrenci merkezli bir eğitim modelidir [21]. 1950'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin Ohio eyaletindeki Case Western Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde uygulanan Probleme Dayalı Öğrenme kavramı, ilk kez 1960'lı yıllarda Kanada'nın Ontario eyaletindeki McMaster Üniversitesinde Howard Barrows tarafından tıp eğitimi alanında kullanılmış ve literatüre girmiştir [22]. Daha sonraki yıllarda birçok tıp fakültesinde bu yaklaşım kullanmaya başlanmıştır [23]. İlerleyen dönemlerde ise tıp fakültelerinin yanı sıra fen bilimleri, mühendislik, hukuk, eğitim gibi birçok alanda da benimsenmiştir [24]. Bu modelde öğrencinin, bilginin edinilmesi, yaratılması, kullanılması sürecine aktif olarak katılması ve yeni bilginin eski bilgilerle ilişkilendirilmesi gerekliliği belirtilmiştir [25]. PDÖ eleştirel düşünmeye cesaretlendirici, yaşam boyu karşılaşacağı gerçek problemleri çözüme becerisini geliştiren bir strateji olarak tanımlanmıştır [26]. Norman ve Schmidt, probleme dayalı öğrenmeyi yapılandırmacı görüşe dayandırarak; bilginin kazanılması, benzer problemlerin çözümünde kullanılmak üzere genel ilkelerin öğrenilmesi ve daha önce edinilen bilgilerin gelecekte karşılaşılabilecek problemlerin çözümünde kullanılması olarak tanımlamışlardır [26].

Eğitim alanındaki son eğilimlerin ve beklentilerin kuramdan uygulamaya, özelden genele ve eğitim amaçlarından genel transfer edilebilir yetkinliklere doğru yönelmiş olduğu da dikkate alınmalıdır. Bilişsel ve eğitim psikolojisi alanında son zamanlarda yapılan çok sayıdaki çalışmada da aktif ve işbirlikli öğrenme yöntemlerinin olumlu etkileri ve önemi sıklıkla vurgulanmaktadır. Bu öğretim yaklaşımlarında pasif öğrenme yerine, tartışarak, hipotez kurarak, araştırarak bağımsız öğrenen ve düşünen

öğrencilerin olmasını sağlayan ve böylece öğrenme sürecinde öğrencilerin aktif rol almasını teşvik eden bir temele dayanmaktadır [27]. Probleme dayalı öğrenme de bu beklentileri karşılayan yaklaşımlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Havacılık eğitiminde özellikle de hava trafik kontrol eğitiminde daha etkili öğrenme yöntemleriyle geleneksel öğretim yöntemlerinden aktif öğrenme yöntemine geçişin emniyeti, etkinliği ve kaliteyi arttıracak düşünülmemektedir.

5.1. PDÖ'nün Özellikleri

Probleme dayalı öğrenme, öğrencilerin önceki öğrenmelerini ve ön bilgilerini kullanarak, problemlerin çözüm yöntemlerini, oluşturulan grup içinde gerçekleştirilen fikir alışverişleriyle buldukları bir öğrenme yöntemidir [28]. Öğrenmenin gerçekleşeceği öğrencilerde, bunu kendilerinin yapmalarının gerekliliği belirtilmeli ve eğitmenin de öğrencilerin kendi başlarına öğrenmelerini sağlayacak şekilde eğitim ortamlarını hazırlaması gereklidir. Öğrenciler bir problemle karşı karşıya bırakılarak, onlara problem çözücü rolü verilmekte ve mevcut bilgi düzeylerini ve üst düzey düşünme becerilerini geliştirmeleri amaçlanmaktadır [29]. Öğrencilere karşılaştıkları problemlerle ilgili bilgileri nereden, nasıl toplayacakları ve nasıl değerlendirecekleri gibi konularda bilgiler verilir. Böylece öğrencilerin neyi, niçin öğrendikleri konusunda bilgi sahibi olmalarını sağlar [30].

Hava Trafik Kontrol öğrenimi gören öğrenciler gerçek hava trafik ortamında çözmeleri gereken acil durum problemleriyle karşılaşır. Öğrenciler öncelikle öğrenme durumları ve hedefleri ile ilgili bilgileri alırlar, bilgilerini paylaşırlar, kararlar alır ve problemi takım çalışması ile çözerler. Öğrenme süreçleri, öğrencilerin birbirlerinden ve eğitmeninden aldıkları geri bildirim ve açıklamalara dayanarak sürekli takip edilir. Bu süreçler içerisinde probleme dayalı öğrenme, öğrencilerin problem çözme, motivasyon, kendi kendine öğrenme, bağımsız öğrenme, stres, iş yükü ve zaman baskısı altında çalışabilme, ekip çalışması, hızlı ve etkin iletişim ve koordinasyon gibi özelliklerinin gelişmesinde etkili olmaktadır.

Probleme dayalı öğretim yaklaşımı doğru şekilde uygulandığında aktif öğrenmenin

“kontrollü” bir şekilde gerçekleşebileceği en uygun yöntemdir. Probleme dayalı öğretimin temelini, gerçek yaşamla uyumlu ve her an karşılaşılabilecek sorunların yer aldığı “senaryolar” oluşturur. Simülasyon senaryoları, öğrenme süreci içerisinde belirlenen hedeflere ulaşmada yol gösterici ve yönlendirici araçlardır. Senaryolarla öğrenciler, çeşitli acil durum problemleriyle karşılaşır ve bu problemi çözmek için çözüm yolları üretirler ve sürekli olarak öğrenmeye istekli olurlar. Öğrenciler önceki bilgi ve deneyimlerini kullanarak ve yeni bilgiler elde ederek acil durum senaryosundaki problemlere olası cevaplar oluşturur [21]. Probleme dayalı öğrenme yöntemi ile geleneksel öğrenme arasındaki farklar Tablo 1’de verilmiştir [31].

Tablo 1. Probleme dayalı öğrenme ve geleneksel öğrenme yöntemleri arasındaki farklar

Probleme Dayalı Öğrenme		Geleneksel Öğrenme
Öğrenci merkezli	→	Öğretmen liderliğinde
Aktif	→	Pasif
İşbirlikçi	→	En az düzeyde ekip çalışması
İşyeri ortamı/mesleki ortam	→	Sınıf ortamı
Endüstri rehberliği	→	Konuk eğitmen
Beceri uygulamaları	→	Bilgi yayını
Problem çözme stratejileri ve alan bilgisi	→	Alan bilgisi
Çoklu öğrenme stillerine hitap etme	→	Minimal öğrenme stillerine hitap etme

Probleme dayalı öğrenmede geleneksel öğrenme yaklaşımındaki gibi bilgi öğrenciye eğitici tarafından doğrudan aktarılmaz. Tersine öğrenciye çözmeleri için problem durumları oluşturulur ve öğrencilerden bu problem durumlarına çözüm üretmeleri beklenir. Öğrenci problemin çözümüyle ilgilenirken temelde verilmek istenen bilgiye de ulaşır. Bu nedenle eğitmen tarafından öğrencilere bilgilere ulaşmalarını sağlayacak problemler oluşturulmalıdır. Bu problemler geleneksel problem anlayışından farklıdır. Geleneksel yaklaşımda öğrenciler problemlerle ancak eğitmenin bilgi aldıktan sonra karşılaşır [22]. Geleneksel öğrenme öğretmen merkezlidir ve öğrenci tek yönlü alıcı konumdadır. Eğitmen bilgiyi verir, kontrol eder ve eleştirir ve öğrencinin motivasyonu dışsaldır.

Probleme dayalı öğrenme öğrenci merkezli olup, öğrenmeyi öğrenci kendisi gerçekleştirirken, eğitmen rehberlik ederek yardımcı olur ve motivasyon içseldir.

Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının uygulanmasında, öğrenciler aşamalı olarak ve kendi eğitimleri için artan sorumluluklar alarak ve yaşam boyu öğrenmeye devam eden bağımsız bireyler olurlar. Eğitmen bilgiyi aktaran rolü yerine, öğrencilerle birlikte öğrenen, öğrenciler için süreci kolaylaştıran, rehber olan ve öğrencileri cesaretlendiren bir role sahip olmalıdır [32]. Probleme dayalı öğrenme yaklaşımında, sorumluluk ve sahiplenme tam olarak gerçekleşmişse, öğrenciler geçerli bir çözüme ulaşmada daha başarılı olurlar ve edindikleri bilgileri kullanırlar. Eğitmenlerin dikkat etmesi gereken nokta problemin gerçek hayattan seçilmesidir. Probleme dayalı öğrenme yaklaşımı öğretimin hedeflerinden, öğrenci davranışına, kullanılacak yöntem ve teknikten, yapılacak olan ölçme ve değerlendirme işlemlerine kadar problemi merkeze alan bir yaklaşımdır. Bu nedenle bu yaklaşımda öncelikli olarak hedeflerin ve davranışların belirlenmesi gerekmektedir [33]. Öğrenciler problemleri çözerken öğrendiği çözüm yollarını uzun süreli belleğinde bir model olarak örgütler ve benzer sorunlarla karşılaştığında bu modele göre davranırlar. Bu süreci sıkça yaşayan öğrenciler, yaşamlarında problemler karşısında doğru kararlar vererek çözüme ulaşmak için çaba harcarlar.

5.2. Hava Trafik Kontrol Eğitiminde PDÖ Uygulamaları

Hava trafik kontrolörleri, pilotlara çift yönlü telsiz iletişimiyle tavsiye, bilgi ve talimatlar iletir. Bu süreci gerçekleştirirken çok sayıda yardımcı üniteyle birlikte çalışarak, teknolojinin getirdiği yenilikleri takip ederek ve bunlardan faydalanarak kendi kontrol sahasındaki birçok hava aracına aynı anda hava trafik kontrol hizmeti sağlayarak emniyetli, düzenli bir şekilde uçmalarını, zamanında kalkışlarını ve varışlarını sağlamakla görevlidir. Başka bir ifadeyle hava trafik kontrolörleri tüm hava trafik kontrol çevresinden gelen bilgileri işlemekle görevlidir [13]. Hava trafik kontrolörlerinin görevleri, hızlı karar alma, sürekli

izleme, dikkatli olma ve yoğun iş yükü şartları altında çalışmalarını gerektirmektedir. Kötü hava şartları, hava aracında oluşan arızalar, hava aracı ve havaalanı içinde olan terör olayları gibi pek çok acil durumda kontrolörlerin hava araçlarının seyrüseferini başka bir ifade ile hava araçlarının bir noktadan bir başka noktaya olan uçuşunu, iniş ve kalkışlarını etkileyen ani planlamalar ve uygulamalar yapmaları gerekmektedir. Hava trafik kontrolörleri çoğunlukla trafiği izleyerek ve denetleyerek görevlerini yapmaktadırlar. Kontrolörler, hava araçlarına talimatlar verirken aralarındaki emniyetli yatay ve dikey ayırma mesafelerini sağlamaktan sorumludurlar. Bu nedenlerle görevleri, her zaman ve her koşulda dikkat ve tedbirliliği bırakmamayı, gelişmiş üç boyutlu düşünme yeteneklerini kullanarak sürekli hava trafiğindeki akışı sağlamaları, problemlerin belirlenmesi ve çözümlenmesi gibi işleri yapmaları gerektirmektedir [34].

Hava trafik ortamında hava araçlarına verilen hizmetin aksamaması için karşılaşılan problemlerin çözümü noktasında, hava trafik kontrolörlerinin bireysel farklılıkları ve gelişimleri çok önemlidir. Karşılaşılan problemlerle ilgili sorunları tanımlamak, çözüm için gerek olan bilgileri sağlamak ve geliştirilen yöntemlerle probleme çözüm yolu bulmak gerekmektedir. Otoriteler genel acil durumları gruplandırarak çözüm önerileri geliştirmeye çalışmışlardır. Bu uygulamaların simülasyon eğitiminde kontrolörlere verilmesi gerekmektedir. Hava trafik kontrolörlerinin karşılaşılabileceği sıra dışı ve beklenmeyen durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir [35]

- ACAS/TCAS (Airborne Collision Avoidance System/ Traffic Alert and Collision Avoidance System),
- Bakım sonrası uçuşa elverişlilik test uçuşları,
- Kuş çarpması,
- Uçuş ekibi yetersizlikleri,
- Bomba ihbarı,
- Hava aracı içerisinde yolcuların sağlık sorunları,
- Fren problemleri,
- Görsel olarak uçuş pozisyonu oryantasyonunun kaybı,
- İletişim problemleri,
- Elektrik problemleri,
- Volkanik kül yayılımı,

- Kanunsuz girişimler,
- Acil durum alçalması,
- Kokpitte duman veya yangın oluşumu,
- Motor arızası,
- Basınç problemleri,
- Motor ya da APU (Auxiliary Power Unit)'da yangın oluşumu,
- Buzlanma,
- Yakıt problemleri,
- Hidrolik problemleri,
- İniş takımı problemleri

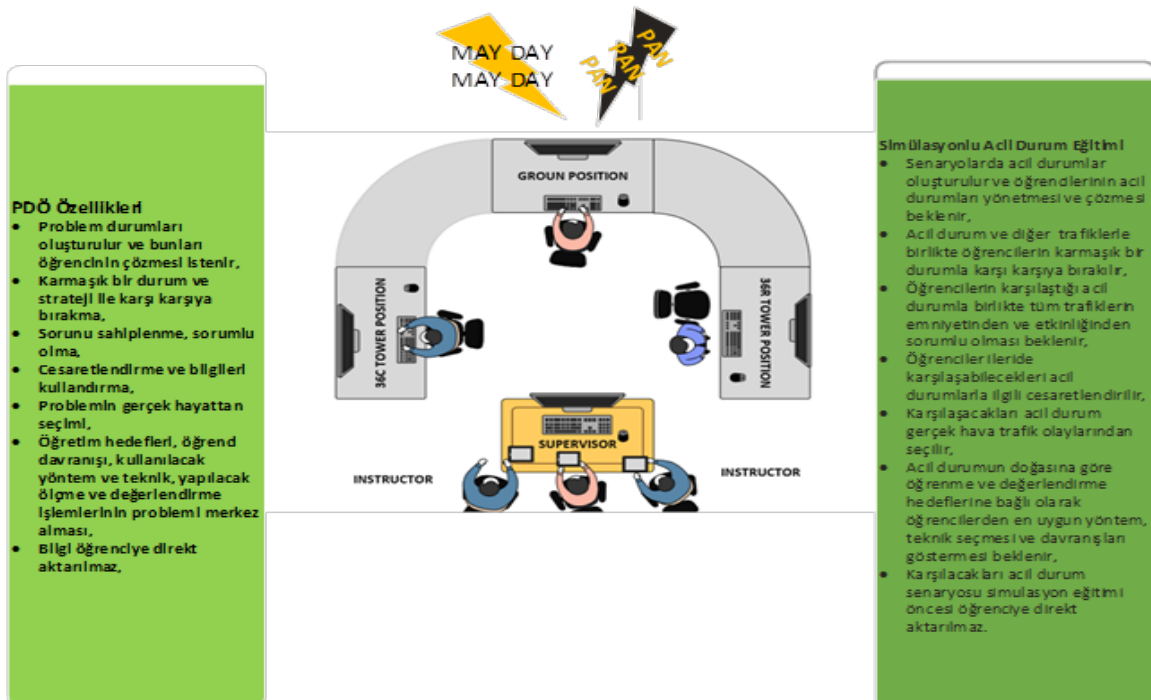
Öğrencilere öncelikle günlük hayatta hava trafik ortamında karşılaşacakları problemlerden örnek alınarak hazırlanan acil durum senaryoları verilir ve daha sonra öğrencilerin neyi kadar bildiklerini ve neler öğrenmeleri gerektiği değerlendirilir. Öğrenme alanlarını kendileri belirleyen öğrenciler, konuyla ilgili çalışmalar sonucunda buldukları bilgileri tartışarak ve birbirleriyle fikir alışverişinde bulunarak sonuca ulaşmaya çalışmaktadırlar [36]. Karşılaştıkları acil durum problem senaryoları öğrencilerin eleştirel ve yaratıcı düşüncelerini sağlamakta ve bunun sonucu olarak da probleme dayalı öğrenme öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmektedir. Probleme dayalı öğrenme modeliyle öğrencilerin gerçek hava trafik ortamındaki karşılaşacakları problemlerle baş edebilmeleri için tecrübe kazanmalarını sağlar [37]. Bu süreci tecrübe etmiş öğrenciler, karşılaştıkları

acil durum problemlerinde doğru kararlar alarak çözüme ulaşmak için çabalarlar.

Acil durumların yaşanması operatörler üzerinde olumsuz bir sürpriz etkisi yaratır. Bir uyarın tepkisi olarak fizyolojik bir reaksiyon tetikler ve beklenmeyen bir anda insan üzerinde olumsuz bir etki yaratır. Bu etki uyarandan ortalama 100 milisaniye sonra ortaya çıkar. İnsan üzerinde korku ve kızgınlığa yakın bir etki yaratır. Aynı zamanda aniden dikkatin odaklanmasına neden olur. Bu tepki 1-3 saniye için otonom bir şekilde gerçekleşir. Ancak çok sıra dışı durumlarda 20 saniye kadar sürebilir. Bir başka ifadeyle operatör şok yaşar [38]. Kontrolörlerin bu gibi acil durumlara verecekleri tepkinin ve davranışlarının şok yaşamaları yerine daha sakin bir şekilde durumu karşılamaları ve yönetmelerine yönelik olarak simülasyonlu acil durum eğitimi gerçekleştirilmektedir. Bu sayede kontrolörler gerçek hava trafiği ortamında bu konuda eğitim yapma olanağı olmayan durumları yaşayabilmekte ve problem çözme becerilerini geliştirebilmektedirler.

6. PDÖ Yönteminin Simülasyonlu Acil Durum Eğitime (SADE) Uygulanması

SADE ile PDÖ temel olarak benzer süreç ve dinamiklere sahip görünmektedir. Bu anlamda PDÖ ile sağlanabilecek faydalar simülasyonlu eğitimle geliştirilebilir. Şekil 6'da bu durum özetle verilmektedir.



Şekil 5. PDÖ metodunun simülasyonlu acil durum eğitime (SADE) uygulanması

Görüldüğü gibi SADE ile öğrencilere sanal olarak acil durumlar yaratılmaktadır. Acil durum çağrısı kontrolörlere beklemedikleri bir anda ve beklenmeyen bir konu hakkında iletilir. Kontrolörlerin ekip çalışması ile kendi başlarına bu durumu çözmeleri beklenir. Bu sırada eğitimciler gerektiğinde yönlendirme ile senaryonun operatör rollerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olurlar.

7. Örnek SADE Senaryosu için Kontrolör Faaliyetleri

Acil durumun doğasına göre kontrolörlerin ve uçuş ekibinin yapması gerekli faaliyetler belirlenmiştir ve operatörlerin SADE ile becerilerinin ve tepkilerinin geliştirmeleri ve deneyim kazanmaları sağlanır. Acil durumlarda kontrolörlerin genel olarak yapması gereken faaliyetler şu şekilde sıralanabilir [38]:

- Uçuş ekibinin acil durum çağrısını onaylamak ve “standby (dinlemede kalın)” isteğini beklemek,
- Uçuş ekibini buldukları pozisyon ve en yakın havaalanı hakkında bilgilendirmek,
- Uçuş ekibi stres altında olduğu için doğru mesafe bilgisi vermek,
- Hem uçuş ekibinin hem de kontrolör ekibinin işyükünü mümkün olduğunca azaltmak için ekip arkadaşları ve ekip şefinden yardım istemek,
- Uçuş ekibinden acil durum sinyal kodunu yayınlamasını istemek,
- Pist ve durma alanlarından diğer uçak ve araçları uzaklaştırarak hazır hale getirmek,
- İletişim için ayrı bir radyo frekansı tahsis etmek,
- Gerekli olabileceği için yeni bir uçuş bekleme bölgesi belirlemek,
- Radyo frekansını verimli kullanmak ve frekans değişimlerini azaltmak,
- İniş için farklı seçenekleri belirlemek ve uçuş ekibine bildirmek,
- En yakın havaalanı ve hava durumu bilgisini vermek,
- Uçuş ekibine zaman tanımak,

- Çok fazla konuşarak frekansı meşgul etmemek,
- Uçuş ekibinin oksijen maskesi takması ve stres altında yabancı dil problemleri gibi nedenlerle iletişim problemleri yaşayabileceğini göz önünde bulundurmak,
- Standart iletişim kalıplarını kullanmak.

Görüldüğü gibi, acil durumlarda kontrolörlerin yapması gerekenler oldukça hassas ve karmaşık süreçleri kapsamaktadır. Senaryolarda verilen problemin niteliği ve kapsamına göre yapılacaklar değişkenlik gösterebilmektedir. SADE kazanımları sayesinde öğrencilerin temel becerilerini geliştirerek verilen duruma uygun çözüm bulma ve karar alma performansı göstermeleri beklenmektedir.

8. SADE Senaryosunun Uygulanması

Bu çalışmada hava trafik kontrolörlerinin yönetmesi için “hava aracı motorlarından birinde arıza ve sonunda yangın çıkması” acil durumu ele alınmıştır. Acil durum senaryosunun herhangi bir aşamasında kontrolörler normal bir şekilde hava yer trafiğini yönetirken ani bir şekilde acil durum farkına varmaları sağlanır. Bu durumu kontrolörlerin fark etmeleri, direkt olarak sanal uçuş ekibinin acil durum deklarasyonu (MAYDAY MAYDAY MAYDAY) ile olabileceği gibi simülasyonda ilgili hava aracı motorlarından bir tanesinde alev ve duman görseli yaratılarak beklenir.

Bu acil durum senaryosunda görevli kontrolörlerin ekip içerisinde bu durumu çözmek için yaptıkları faaliyetler eğitimciler tarafından izlenir. Senaryo sırasında gerekirse simülasyon durdurularak yerinde müdahalelerle acil durum yönetimindeki çözüm alternatifleri değerlendirilir ve kontrolör davranışları düzeltilerek desteklenir. Senaryo tamamlandıktan sonra kontrolörlere geribildirim verilir. Geribildirim sırasında senaryo üzerinden giderek kontrolörlerin yaptıkları uygulamalar tartışılır. Ardından ise kontrolör performansının değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Öğrencilerin SADE acil durum performanslarının değerlendirilmesinde, karşılaştıkları acil durumu çözmeleri, yaptıkları tüm

faaliyetler ve diğer hava trafikler ve paydaşlarla olan iletişim ve koordinasyonlarının gözlem yöntemiyle değerlendirilmesi gereklidir. Böylece kontrolörlerin aldıkları teorik ve simülasyonlu eğitimden elde ettikleri probleme dayalı öğrenme ve uygulama performansları değerlendirilir. Değerlendirmenin objektif olabilmesi için eğiticiler tarafından senaryoya bağlı olarak değerlendirme ölçütleri belirlenir ve kontrolörler bu ölçütler üzerinden değerlendirilmeye çalışılır.

Kontrolörlerin verilen motor arızası ve yangını durumu için genel olarak aşağıda verilen faaliyetleri yapmaları beklenir [39]:

- Acil durumun sonuçlarıyla ilgili hazırlıklı olmak. Uçuş yerde ise kalkışı iptal edilebilir; motor arızası tek ve çoklu motorlu uçak tipine göre değerlendirilmelidir; arıza ve yangın nedeniyle kokpitte duman olabilir ve pilotların iletişimi ve görsel alanı kısıtlı olabilir; uçak havada ise acil durum inişi gerekebilir.
- Kontrolörler uçuş ile ilgili olarak; uçağın kokpitinde yoğun iş yükü olduğunu göz önünde bulundurmalıdır. Ayrıca uçak motoru yangın nedeniyle durabilir/durdurulabilir.
- Uçak yerde ise; frenler aşırı ısınabilir, yolcuların acil tahliyesi gerekebilir ve pist bloke olabilir.
- Uçak havada ise; kabin basıncı problemleri olabilir. Uçak hızlı bir şekilde irtifa kaybedebilir. Uygun başka bir havalanana iniş gerçekleştirilebilir. Zorunlu iniş yapılabilir (özellikle uçak tek motorlu ise).
- Kontrolörlerin uçuş ile ilgili olarak; kabinde tehlikeli madde olup olmadığı ve yolcu sayısı bilgilerinin alınarak ilgili birimlere bildirilmesi gereklidir.
- Kontrolörler iniş meydanı ve pisti için hazırlıkları yapmalı aynı zamanda pist emniyet sahasını arındırmalıdır.
- Kontrolörler zorunlu iniş gibi olasılıklar nedeniyle hava aracının son bulunduğu pozisyonu bilmeli ve ilgili birimlere bildirmelidirler.
- Kontrolörler uçuş ekibini, uygun havaalanı, pist ve hava durumu hakkında, hava

aracındaki yangın ve duman durumu hakkında bilgilendirmelidir.

Eğiticiler kontrolörlerin acil durum yönetimini diğer uçuşlara sağladıkları emniyetli trafik koordinasyonu ile birlikte ele alarak değerlendirmeler yaparlar. Böylece PDÖ prensiplerine göre hazırlanmış SADE'nin amaçlarına ulaşmış ulaşılmadığı belirlenerek hem öğrenci kontrolörler geliştirilmekte hem de eğitim senaryolarının değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

9. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada PDÖ yönteminin SADE ile yakından ilişkisi ve birbirini desteklediği durumlar verilmiştir. Hava trafik meydan kontrol eğitiminde uygulanan probleme dayalı öğretim yaklaşımıyla derslerde işlenen konular, acil durum senaryoları ve gerçek yaşamdan örneklerle ilişkilendirildiğinde, kontrolörlerin gelecekte karşılaştıkları problemleri yaratıcı bir şekilde çözmeleri için eğitim ortamı hazırlanmaktadır. PDÖ ve SADE prensiplerinin uygulanması sayesinde, öğrencilerin derse karşı ilgi ve istekleri artırılarak, simülasyon uygulamalarına aktif katılımları sağlanabilmektedir. Bu nedenle, hava trafik eğitiminde derslerin acil durum senaryoları ile ilgili planlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Öğrencilerin teorik eğitimlerle edindikleri bilgilere önem verilmeli, öğretim süreçlerinin planlaması ve öğrenilecek bilgilerin öğrenci zihninde yapılandırılması açısından bu göz önüne alınmalıdır. Hava trafik ve havacılık eğitimlerinde de farklı konu başlıklarında bu öğretim yaklaşımının uygulanması, öğrenenlere yaratıcı düşünmede önemli katkılar sağlayabilir.

Öğrenciler probleme dayalı senaryolar sayesinde, hava trafik meydan kontrol simülasyonu dersinde yer alan acil durum senaryolarının günlük hayatta da karşılarına çıkabileceğinin farkına varmaktadır. Bu senaryolar ile öğrencilerin meydan kontrol simülasyonu dersine olan tutumlarının olumlu yönde geliştiği anlaşılmaktadır.

PDÖ ve SADE temelinde acil durum senaryoları geliştirilirken, geçmiş acil durum olayları incelenmeli, deneyimli kontrolörlerin ve uçuş ekiplerinin görüşleri alınmalıdır. Ayrıca havaalanı ve hava sahasındaki diğer otorite ve paydaşlar ile odak grup çalışmaları yapılarak gelecekte

karşılaşılabilecek problemler-acil durumlar için senaryolar ve çözüm önerileri geliştirilerek eğitimlerin kapsamına alınmalıdır. Bu kapsamda simülasyon eğitimlerinde sadece akademisyen hava trafik kontrolörü eğitmenleri değil aynı zamanda operasyonel uçuş deneyimi olan öğretmen pilotlardan ve hava trafik hizmeti veren deneyimli kontrolörlerden de destek alınmalıdır.

PDÖ gibi yöntemler havacılık operatörlerinin yetiştirilmesinde daha fazla temel alınmalıdır. Aynı zamanda havacılık eğitiminde kullanılan yüksek benzetim teknolojilerine sahip uygulamalar diğer mesleki eğitim alanlarında katkı sağlayacak şekilde yaygınlaştırılmalıdır.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] International Civil Aviation Organization (ICAO). “Annex 1 To the Convention on International Civil Aviation Personnel Licensing,” Montreal, July, 2006.
- [2] International Civil Aviation Organization (ICAO). “Annex 19 To the Convention on International Civil Aviation, Safety Management, First edition,” ICAO Publication, July, (1-2), 2013.
- [3] S. Malakis, T. Kontogiannis and B. Kirwan, “Managing emergencies and abnormal situations in air traffic control (Part I): taskwork strategies”. Applied Ergonomics 41, 620-627, 2010.
- [4] Oxford Dictionaries, “Oxford Dictionaries.” <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/emergency>. [Erişim Tarihi: 20-Mart-2020].
- [5] B. Yoruk-Acikel, U. Turhan ve Y. Akbulut, “Effect of multitasking on simulator sickness and performance in 3D aerodrome control training”. Simulation&Gaming. <https://doi.org/10.1177/1046878117750417>, 2017.
- [6] U. Turhan, “Siber Saldırıları ve Hava Trafik Yönetimi Güvenliği”. Keskin U. (Eds.). Havacılık Güvenliği, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. ISBN:978-975-06-1871-0, 2016.
- [7] Kokpit.aero, <http://www.kokpit.aero/thy-acil-inis-milano-ucagi>. (Erişim Tarihi: 15.04.2018)
- [8] Britannica, “Britannica.” <https://www.britannica.com/event/September-11-attacks> [Erişim Tarihi: 10.05.2020]
- [9] T. H. Kean, and L. H. Hamilton, “The 9/11 Commission Report (Yale University Report)”. Abstract retrieved April 10, 2018, from <http://avalon.law.yale.edu/sept11/911Rport.pdf>, 2011.
- [10] M. Prandini, V. Putta and J. Hu, “A probabilistic measure of air traffic complexity in three-dimensional airspace”, International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 00, 1-16, 2010.
- [11] U. Turhan, “Hava trafik kontrolörü adaylarının seçimi ve Türkiye’deki uygulama,” Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi. Eskişehir, 2007.
- [12] J. C. Price and J. S. Forrest, Practical Airport Operations, Safety and Emergency Management. Elsevier, Amsterdam, 2016.
- [13] SHGM, “Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü” <http://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/2129-hava> [Erişim Tarihi: 29.05.2020]
- [14] M. Temizel, “Terörizmde yeni milad: 11 Eylül 2001,” Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO Dergisi, 14, 1-2, 2011.
- [15] A. Özer, “11 Eylül bölünen dünya, Huntington ve Çatışma,” İnsan Bilimleri Dergisi 4, 2, 1-23, 2007.
- [16] Forbes, “Forbes” <https://www.forbes.com/site/s/quora/2017/09/11/how-air-traffic-control-moved-to-protect-the-rest-of-the-planes-in-the-air-on-911/#3049bd5d7610> [Erişim Tarihi: 10.04.2020]
- [17] Anadolu Üniversitesi, “Anadolu Üniversitesi” <https://anadolu.edu.tr/akademik/fakulteler/326/hava-trafik-kontrol-bolumu/program-profil> [Erişim Tarihi: 10.04.2020]
- [18] Eurocontrol, Guidelines for ATCO Common Core Content Initial Training, 2004.

- [19] D. H. Jonassen, "Toward a design theory of problem solving," *Educational Technology Research and Development*, 48, 4, 63-85, 2000.
- [20] M.T. Karaboğa, "Bilgi toplumunda eleştirel düşünme eğitiminin önemi ve gerekliliğine ilişkin bir çalışma," *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 8, 3, 37-49, 2019.
- [21] A. İ. Boran, ve R. Aslaner, "Bilim ve sanat merkezlerinde matematik öğretiminde probleme dayalı öğrenme," *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9, 15, 15-32. 2008.
- [22] H. S. Barrows and R. M. Tamblyn, "Problem-based learning: An approach to medical education," New York: Springer Publishing Company, 1980.
- [23] D. Boud and G.I. Feletti, *The challenge of problem-based learning*. (2nd ed.). London: Kogan Page, 1998.
- [24] W. J. Stepien, S. A. Gallagher and D. Workman "Problem-based learning for traditional and interdisciplinary classrooms," *Journal for the Educational of the Gifted*, 16, 5-17, 1993.
- [25] M. J. Hannafin, K. M. Hannafin, Land, S. M. and K. Oliver, "Grounded practice and the design of constructivist learning environments," *Educational Technology Research and Development*, 45, 3, 101-117, 1997.
- [26] G.R. Norman and H.G. Schmidt. "Effectiveness of problem-based learning curricula: Theory practice and paper darts," *Medical Education*, 34, 721-728, 2000.
- [27] N. A. Glasgow, *New curriculum for new times: a guide to student-centered, problem-based learning*. Thousand Oaks, California: Corwin Press, 1997.
- [28] M. Koçakoğlu, "Probleme dayalı öğrenme: yapılandırmacılığın özü". *Milli Eğitim Dergisi*, 39, 68-82, 2010.
- [29] W. Yuzhi, "Using problem-based learning and teaching analytical chemistry," *The China Papers*, 28-33, 2003.
- [30] Z. N. Baysal, M. Duman, K. Arkan ve E. Hastürk, "Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin görsel sunu ve yazma eğilimlerine etkisi," *Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*. 4, 2, 78-90, 2012.
- [31] M. Tuncer, "Proje tabanlı öğrenme ile problem tabanlı öğrenmenin fark ve benzerlikleri," *e-Journal of New World Sciences Academy*, 4, 2, 395-409, 2009.
- [32] B. Aksoy, "Coğrafya öğretiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımı," *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*. Ankara, 2004.
- [33] F. Kaptan ve H. Korkmaz, "Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımı," *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 185-192, 2001.
- [34] U. Turhan, "Hava trafik kontrolörlerinin performansında iş yükünün etkileri ve hava trafik kontrolörleri üzerinde bir uygulama," *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2001.
- [35] Skybrary.aero, "Skybrary.aero" https://www.skybrary.aero/index.php/Category:Aircraft_Emergency_and_Unusual_Situations. [Erişim Tarihi: 20.04.2020]
- [36] D. Onel, E. Evrekli ve A. G. Balım, "Fen ve teknoloji öğretiminde probleme dayalı öğrenme: bir modül örneği: sinir sistemi". 9. Ulusal Fen ve Matematik Eğitimi Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi, İzmir, Türkiye. 23-25 Eylül, 2010.
- [37] A. Shepherd ve B. Cosruff, "Problem-based learning: A Bridge between planning education and planning practice," *Journal of Planning Education and Research*, 17, 348-357, 1998.
- [38] Civil Aviation Authority, CAP 745: Aircraft emergencies: considerations for air traffic controllers, 2005.
- [39] Eurocontrol, *Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations*, 2003.

Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması

Ömer Faruk YILDIZ^{1*}, Mehmet YILMAZ², Adem ÇELİK³, Edip İMİK⁴

¹ Gaziantep Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı, Gaziantep, Türkiye

² İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

³ Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 8. Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

⁴ Fırat Gümrük ve Dış Ticaret Bölge Müdürlüğü, Malatya, Türkiye

Özet

Hızla artan küresel enerji talebini karşılamak için alternatif enerji kaynakları arayışı artmakta ve mevcut fosil yakıtların yaydığı sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Enerji tüketimi oldukça fazla olan ve sera gazı emisyonuna katkısı tüm dünyada dikkat çeken havalimanı yerleşkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada havalimanlarında enerji maliyetlerini ve emisyonları azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma olanakları incelenmiştir. Ayrıca havalimanlarında yenilenebilir enerji sistemi projelerinin karmaşıklığı, havacılık operasyonlarındaki etkileri, finansal, çevresel, sosyal, teknik ve operasyonel açıdan uygun olup olmadığı, fırsatları, riskleri, zorlukları ve faydaları değerlendirilmiştir. Havalimanlarının yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasında önemli fırsatlara/faydalara sahip olduğu ve Türkiye'deki havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin biçimde faydalanmak için teknik ve finansal konuları da içeren çalışmaların artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Havalimanları, Yenilenebilir Enerji, Dünya, Türkiye

Using Renewable Energy Sources in Airports

Abstract

The search for alternative energy sources increases in order to meet the rapidly increasing global energy demand and greenhouse gases emitted by the existing fossil fuels cause global warming and climate changes. The use of renewable energy sources is very important in airport settlements, where energy consumption is very high and its contribution to greenhouse gas emissions is noteworthy all over the world. In this study, the possibilities of using renewable energy sources in order to reduce energy costs and emissions at airports were investigated. In addition, the complexity of renewable energy system projects at airports, their impact on aviation operations, whether they are financially, environmentally, socially, technically and operationally feasible, their opportunities, risks, challenges and benefits were

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dr. Ömer Faruk YILDIZ, farukmakina@hotmail.com

Alıntı/Citation: Yıldız Ö.F., Yılmaz M., Çelik A., İmik E. (2020). Havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması J. Aviat. 4 (1), 162-174.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-5748-112X>; ² <https://orcid.org/0000-0001-5025-1842>; ³ <https://orcid.org/0000-0002-7155-7880>; ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-2755-6733>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.695210>

Geliş/Received: 27 Şubat 2020 **Kabul/Accepted:** 30 Mayıs 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 22 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

evaluated. It was concluded that airports have significant opportunities/benefits in the use of renewable energy sources and the studies including technical and financial issues should be increased to benefit effectively from renewable energy sources at airports in Turkey.

Keywords: Airports, Renewable Energy, World, Turkey

1. Giriş

Küresel enerji talebi, özellikle nüfus artışı ve ekonomik büyüme nedeniyle hızla artmaktadır. Hızla artan küresel enerji talebini karşılamak için alternatif enerji kaynakları arayışı artmakta ve mevcut fosil yakıtların yaydığı sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Petrol, doğalgaz, kömür ve nükleer enerji gibi fosil yakıt kaynaklarının kullanımı küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yanı sıra, ekonomik ve sosyal istikrarsızlığa, kaynak kıtlığının artmasına ve çevresel bozulmaya yol açmaktadır. Fosil yakıtı yenilenebilir enerji ile değiştirmek, ekonomik ve sosyal faydaları yerel olarak odaklayarak ve sürdürülebilir bir ortamı koruyarak yeniden dengelenmeyi sağlamaktadır [1].

Havalimanları enerji tüketimi yönünden neredeyse küçük bir şehre benzemektedir [2, 3]. Bu tesislerin altyapılarını işletmek ve hizmetlerini sağlamak için enerjiye ihtiyaçları vardır. Havalimanlarında kullanılan en önemli enerji kaynakları elektrik ve yakıttır. Elektrik genellikle şebekeden sağlanır. Havalimanları için olası diğer bir enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [3-6]. Küresel havacılık topluluğu, havaalanı yönetim planlarında sürekli olarak sürdürülebilir uygulamaları incelemekte ve benimsemektedir [7]. Küresel havacılıkta sürdürülebilirlik, motor emisyonlarının azaltılması, düşük gürültü çıkışı, geri dönüşüm uygulamaları, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi çeşitli uygulamalarla yapılmaktadır [8]. Havalimanları, terminal binası gibi havalimanlarına ait binaların veya tesislerin; havanın şartlandırılması, elektrikli kapılar, elektrik kullanan cihazlar, bagaj taşıma sistemi ve havaalanı ışıklandırması gibi özgün gereksinimlerinden dolayı yüksek elektrik enerjisi talebine sahiptir. Havalimanları hem 24 saat enerji tüketmeleri hem de yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumu için yeterli alana sahip olmaları nedeniyle yenilenebilir enerjinin kullanımı için en uygun yerlerdir [9]. Havalimanlarında yenilenebilir enerji

teknolojilerinin kullanılmasıyla elde edilen enerji elektrik, ısıtma, soğutma ve çeşitli ulaşım araçlarını beslemek amacıyla kullanılır [10].

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) [11]'ya göre, iki büyük yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr ve güneşten elde edilen elektriğin ortalama maliyeti son yıllarda önemli ölçüde düşmüştür ve 2025 yılına kadar %59 daha düşmesi beklenmektedir. Maliyetlerdeki bu değişiklik, havalimanı işletmecilerini yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmaya teşvik edebilir. Bu durum havalimanlarına yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanabilirliği imkânını arttırmaktadır.

Havalimanlarının yenilenebilir enerjiden nasıl faydalanabileceği, havalimanının türüne, coğrafi konuma ve mevcut kaynaklara bağlıdır. Havalimanı işletmecileri yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmaya karar vermeden önce bir enerji denetimi gerçekleştirebilir. Gerçekleştirilecek bu enerji denetimi, işletmecilerin havalimanının enerji tüketimini anlaması ve enerji verimliliği teknolojilerine yatırımlar konusunda stratejik davranmasına yardımcı olabilir. Örneğin; havalimanında bulunan sıcak su kazanları havalimanı enerji tüketiminin önemli bir bölümünden sorumluysa, bu sistemi jeotermal veya güneş enerjili su ısıtma sistemi ile değiştirmek, işletme maliyetlerini azaltmak için yüksek önceliğe sahip olabilir. Alternatif olarak, bir havalimanı işletmecisi takip etmek istediği enerji tasarrufu önlemlerini listeleyebilir (maliyet veya emisyon tasarrufu sağlamak için) ve havalimanı personelinin ve yönetiminin bu hedeflere yönelik çalışmasını ve bu hedefleri desteklemesini sağlayabilir. İşletmeciler, enerji kullanımını ve iyileştirmeler için

Tablo 1. Havalimanlarında yenilenebilir kaynak alternatifleri [14].

Sağlanan Hizmet	Kullanılan Fosil Yakıt Kaynağı	Yenilenebilir Kaynak Alternatifi
Isıtma ve Soğutma	Fuel oil, doğal gaz	Biyokütle
		Jeotermal soğutma Toprak kaynaklı ısı pompası Anaerobik sindirim (biyogaz)
Elektrik	Kömür, doğal gaz	Yerinde fotovoltaik sistem (PV)
		Küçük rüzgâr türbini Tesis dışı yenilenebilir enerji sistemlerinden enerji alımı
Plastik çatal-bıçak	Petrol bazlı plastik	Biyoplastik
Toprak ıslahı	Kimyasal gübre	Organik gübre
Atık imhası	Ücretli atık işleme	
Araç yıkama	Pompalı şebeke suyu	Gri su ıslahı
Sulama		Soğutma ünitelerinden yoğuşma toplama
Tesis bünyesindeki restoranlar için malzemeler	Açık çevrimli gıda sağlayıcıları	Yerinde veya kapalı bahçeler
Ulaştırma	Benzin/dizel yakıt	Yenilenebilir yakıtlar -biyodizel; yenilenebilir dizel

en iyi ve en uygun maliyetli fırsatların nerede olduğunu anladığında, havalimanında yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmayı düşünebilir [10, 12].

Bu çalışmada havalimanlarında enerji maliyetlerini ve emisyonları azaltmak amacıyla güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma olanakları incelenmiştir. Havalimanlarında yenilenebilir enerji sistemi projelerinin karmaşıklığı, temel havacılık operasyonları üzerine etkileri, finansal, çevresel, sosyal, teknik ve operasyonel açıdan fizibil olup olmadığı, fırsatları, riskleri, zorlukları ve faydaları değerlendirilmiştir. Günümüzde dünyada yenilenebilir enerji kaynakları kullanan bazı havalimanları incelenmiştir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları kullanan havalimanlarının mevcut durumu değerlendirilmiş ve ülkemizde havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması için önerilerde bulunulmuştur.

2. Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Olanakları

Havalimanları artan enerji taleplerini karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde geliştirmektedir [13]. Bir havalimanında yenilenebilir enerjinin kullanılabilmesi için atılacak ilk adım; a- havalimanında yenilenebilir enerji üretmek için yeterli doğal kaynak mevcut mu? b- mevcut ise proje havalimanına güvenli bir şekilde uygulanabilir mi? ve c- yenilenebilir enerjiyi tüketiciye ulaştırmak için yeterli altyapı ve kapasite var mı? gibi temel denetleme süreçlerinin analizini yapmaktır. İkinci adım ise projenin ve alternatiflerinin değerlendirilmesidir [1]. Bu analizlerin gerçekleştirilmesi havalimanında yenilenebilir kaynak fırsatlarının değerlendirilmesine ve yenilenebilir enerji projelerinin atık azaltma, geri dönüşüm gibi girişimlerin geliştirilmesini optimize eden uzun vadeli bir plan geliştirmelerine olanak sağlayacaktır. Havalimanları için en iyi yenilenebilir kaynakların belirlenmesinde

kullanılabilecek yenilenebilir kaynak alternatifleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Sadece bu tablo esas alınarak bir havalimanı için en iyi seçeneklerin belirlenmesi zor olabilir. Bu nedenle havalimanında kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynakları belirlenirken çeşitli seçeneklerin avantajlarının ve bu seçeneklerin mevcut havalimanı operasyonlarına ve gelecekteki stratejik planlamaya nasıl uyacağına analizinin yapılması gerekir. Bazı seçenekler (geleneksel yöntemlerden biyoplastik çatal-bıçaklara geçiş gibi) nispeten minimal planlama içerebilir. Ancak fotovoltaik (PV) sistemler veya rüzgâr türbini projeleri gibi diğer seçenekler daha fazla planlama ve uygulama gerektirir. Tüm bu seçeneklerin bir havalimanının elektrik maliyetleri ve karbon emisyonları üzerinde büyük etkileri olabilir [14]. Havalimanları bölgesel ekonomik faaliyetlerin merkezidir ve bölgesel ulaşım ağlarında kritik bir öneme sahiptir. Dolayısıyla havalimanlarında ekonomik ve daha da önemlisi güvenilir elektrik sağlanması büyük önem arz etmektedir. Güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik ve yakıt pilleri de dâhil olmak üzere pek çok uygulanabilir yenilenebilir enerji alternatifi bulunmakla birlikte bunların hiçbiri diğerlerinden açıkça üstün değildir ve bugüne kadar havalimanlarında hepsi sınırlı olarak kullanılmaktadır [1].

2.1 Güneş

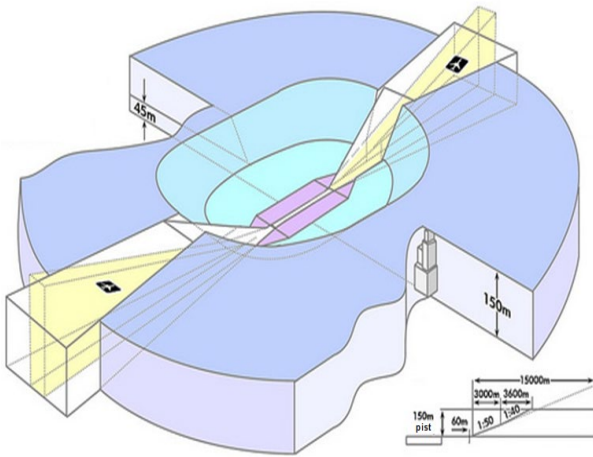
Havalimanlarında en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji teknolojisi fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemlerin havalimanlarında yaygın olarak uygulanmasının nedenlerinden birisi, havalimanı ortamına uyumlu bir şekilde entegre edilebilmesidir. Fotovoltaik paneller göreceli olarak basit modüler yapısı nedeniyle, büyük değişiklikler yapılmadan mevcut bir araziye kolayca tasarlanabilen bir teknolojidir. Bu durum havalimanları için havacılık faaliyetlerinde kullanılmayan alanlara fotovoltaik panellerin yerleştirilebileceği anlamına gelir [5]. Havalimanlarına yerleştirilen fotovoltaik paneller, tipik olarak hava sahasının az kullanılan bölümlerine zemine, bina yüzeylerine veya gölgelik yapmak amacıyla araç park alanlarının üst kısımlarına monte edilirler [5, 15]. Fotovoltaik panellerin bina yüzeylerine entegrasyonu ise iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilebilir. Bunlar; i- bina

uygulamalı fotovoltaik sistem (BAPV) ve ii- binaya entegre fotovoltaik sistemler (BIPV)'dir. BAPV yaklaşımında fotovoltaik paneller mevcut çatılara monte edilirler. BIPV yaklaşımında ise paneller mevcut yapı malzemelerini değiştirerek veya değiştirmeden bina mimarisine uygun olarak bina dış kabuğuna entegre edilirler. Bu yaklaşımlar hem tasarım aşamasındaki, hem de yapım aşamasındaki binalara uygulanabilirken mevcut binalarda sonradan iyileştirme olarak yer alabilir [16].

Güneş enerjisi endüstrisinin büyümesi, geliştiricilerin fotovoltaik sistemleri havalimanlarına uygulama eğilimlerini arttırmıştır. Bu eğilimler enerji maliyetleri ve emisyonlar yönünden avantajlar sunarken, bazı yeni ve öngörülemeyen güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Havacılık camiasının, özellikle parlama, radar karışıklığı ve hava sahasının fiziksel penetrasyonu gibi konular nedeniyle güneş enerjisi üretiminin havacılık ile uyumlu olup olmadığını geniş anlamda sorgulamasına neden olmuştur [5, 17, 18]. Güneş paneli profilleri düşük yüksekliklere sahip olduklarından hava sahasına fiziksel olarak nüfuz etmezler. Bu durum hem havalimanına ait binaların çatılarında hemde park alanlarında fotovoltaik sistemlerin kurulabilmesi fırsatını sağlar. Ayrıca panellerde bulunan metal bileşenler yansıyan sinyallere neden olabilir. Ancak, havalimanlarına kurulan PV sistemleri düşük yüksekliklere sahip olduklarından radar karışıklığına neden olacak mesafelerde elektromanyetik dalgalar yayamazlar. Bu nedenle radar karışıklığı oluşturma riskleri de çok düşüktür [5, 19]. Bununla birlikte, fotovoltaik panellerin son yıllarda tespit edilen bir diğer etki alanı da, hava trafik kontrolörlerini ve pilotları görsel olarak etkileyebilecek parıltı üretmeleridir. Merkezi Amerikada bulunan Federal Havacılık Kurulu (FAA), belirli bir alana belirli bir kapasitede kurulması planlanan fotovoltaik sistemin henüz tasarım aşamasındayken (fiziksel olarak inşaa edilmeden önce) hava trafik kontrol kulesinde veya iniş için gelen pilotlarda parlama üretip üretemeyeceğini belirlemek için kolayca kullanılabilecek bir parlama modelleme aracı geliştirmiştir. Bu sayede potansiyel parlama etkileri açısından söz konusu proje değerlendirilebilir ve alternatif bir tasarım veya yer seçilebilir.

2.2 Rüzgâr

Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en sürdürülebilir ve yararlı alternatiflerden biridir. Havalimanına kurulumunu gerçekleştirmek için seçilebilecek çeşitli tiplerde rüzgâr türbinleri mevcuttur. Bu türbin tiplerinden büyük ölçekli olan rüzgâr türbinleri yere monte edilirken küçük ölçekli rüzgâr türbinleri havalimanı binalarının çatılarına monte edilebilir. Havalimanı binalarının çatılarını fotovoltaik panel kurulumu için elverişli hale getiren tipik karakteristik özellikleri (büyük ve yatay, ayırık ve gölgelemesiz vs.) bu çatıların küçük rüzgâr türbinini dizilerinin kurulumu için de uygun olmasını sağlar. Havalimanları için mevcut olan diğer bir seçenek de dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin kullanılmasıdır. Bu tür türbinler insanlara ve binalara yakın alanlara kurulum için uygundur. Bununla birlikte, modern rüzgâr türbinlerinin artan boyutu, özellikle havalimanlarına ve uçuş yollarına çok yakın yerlere yerleştirildiğinde havacılık için tehlike oluşturabilir [20, 21]. Bu nedenle rüzgâr türbinlerinin yükseklikleri uçuş güvenliği açısından engel sınırlama yüzeylerini aşmamalıdır. Şekil 1'de engel sınırlama yüzeyleri gösterilmektedir. Engel sınırlama yüzeyleri, hava sahasının üstündeki nesnelerin (rüzgâr türbinleri vb.) uçak operasyonlarına engel olduğu alt sınırları tanımlayan hayali yüzeylerdir.



Şekil 1. Havalimanı engel sınırlama yüzeyleri [22].

Rüzgâr enerjisinde, rüzgâr enerjisi santrali kurulacak olan yerin tanımlanmış bir kaynak alanına yakın olması yeterli miktarda elektrik üretebilmek için kritik öneme sahiptir. Rüzgâr türbinleri havalimanlarında fotovoltaik panellere

benzer olarak fiziksel penetrasyon ve radar karışıklığı gibi yeni ve öngürülmeyen güvenlik kaygılarına neden olabilir [23]. Bu nedenle İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi (CAA), bir havalimanının 15 km'lik yarıçapındaki alanda yapılması planlanan bir rüzgâr türbininin, pilotlar ve uçuş operasyonları açısından potansiyel bir radar karışıklığına neden olup olmayacağını analizini yapabilmek için rüzgâr türbinini yapımı başvurusundan haberdar edilmesini istemektedir [20, 21]. Bunun yanında fotovoltaik panellerden farklı olarak rüzgâr türbinlerinin dönen kanatları türbülans yaratır. Bu tür türbülanslar özellikle küçük ve hafif uçaklar için tehlikeli olabilir [23]. Bahsedilen bu tehlikeler rüzgâr türbinlerinin havalimanlarına yerleştirilmesine ciddi sınırlamalar getiren karmaşık bir konudur ve havalimanlarına çok yakın yerleştirilmiş rüzgâr türbinleri için azaltılabilir ancak tamamen ortadan kaldırılamayan güvenlik kaygılarıdır [22].

2.3 Biyokütle

Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların birisi de biyokütle enerjisidir. Biyokütle, tipik olarak ormancılık ve tarım atıklarından bitki ve hayvan bazlı kalıntılardan oluşan organik bir malzemedir. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [24, 25]. Biyokütle enerjisi, hammadde tedarik zincirlerinin mevcudiyetine bağlı olarak havalimanları için başka bir yenilenebilir enerji seçeneğidir. Biyokütle, havalimanı yerleşkelerinde terminal binalarının ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi de dâhil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılabilir yakıt dönüştürülebilir [10]. Diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinde enerji kaynağı ücretsiz olduğundan uzun vadede yatırımın ekonomik olması ile sonuçlanırken, biyokütle ile güç üretimi yapmak için hammaddeye ihtiyaç vardır [1].

Havalimanlarında biyokütle gelir ve maliyet tasarrufu sağlamak amacıyla iki şekilde kullanılabilir. Bunlardan birincisi havalimanı arazilerinde biyoenerjinin hammaddesi olacak ekinler yetiştirmek, ikincisi ise hammaddeyi

yakarak enerji üretmek. Biyokütle her ne kadar yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılrsa da emisyonuz olmadığı belirmek önemlidir. Bununla birlikte, biyokütle santralinin yaşam döngüsü boyunca atmosfere yaydığı karbon miktarının yakaladığı karbon miktarına eşit olduğu düşünüldüğünden karbon nötr olarak sınıflandırılabilir.

2.4 Jeotermal

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısı ve basıncın oluşturduğu sıcaklıkların; bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla çözülmüş mineraller, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar ile yüzeye taşınan ısı enerjisidir [26]. Jeotermal enerjiyi elde etmenin iki temel yöntemi vardır: Bunlardan birincisi geleneksel veya gerçek jeotermal olarak adlandırılan dünyanın çekirdeğinden kaynaklanan ısıyı kullanan

yöntemdir. Diğer ise ısıtma veya soğutma yapmak için sabit sıcaklıktaki toprağı kullanan jeotermal veya toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanılmasıdır [27]. Havalimanlarında jeotermal elektrik veya ısı üretimi, sıcak su rezervlerine veya sıcak kayalar gibi havalimanının altında bulunan belirli jeolojik yapılara bağı olduğu için diğer yenilenebilir enerji kaynakları kadar kolay ulaşamaz [21]. Jeotermal enerji sistemleri havalimanı binalarının ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılabilir. Yer altı tabakasından elde edilen su eğer kaynar su ise (genellikle çok derin yeraltı tabakalarında bulunur), elektrik üretimini gerçekleştirecek olan bir türbini çalıştırmak için buhar elde edilebilir. Jeotermal enerji elde edebilmek büyük ölçüde havalimanının jeolojik koşuluna bağıdır. Jeotermal enerji sistemlerinin büyük bir kısmı yer altındadır ve bu nedenle havacılık operasyonlarını (yer üstü tesisinin pilotları görsel olarak etkilememesi ve navigasyon yardımlarını engellememesi şartıyla) bozmazlar

Tablo 2. Havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma olanakları [1, 5, 10, 15, 17, 21, 23, 27, 28].

Yenilenebilir Enerji	Fırsatları/Faydaları	Riskleri/Zorlukları
Güneş	Havalimanlarının büyük ve atıl boş arazilerine, binaların geniş çatılarına veya gölgelik yapmak amacıyla araç park alanlarının üst kısımlarına monte edilebilirler.	Parlama, radar ve fiziksel penetrasyon gibi güvenlik kaygılarını barındırır. a- Türbinlerin tanımlanmış kaynak alanına yakın olmasını gerektirir. b- Büyük rüzgâr türbinleri fiziksel penetrasyona ve radar karışıklığına neden olabilir. c- Türbinlerin dönen kanatları türbülans oluşturur.
Rüzgâr	Havalimanı binalarının geniş çatılarına monte edilmiş entegre rüzgâr türbinleri kullanılabilir.	a- Güç üretimi yapmak için hammaddeye ihtiyaç vardır. b- Emisyonuz değildir.
Biyokütle	a- Havalimanı binalarının çeşitli uygulamalarında (ısıtma, soğutma, elektrik) kullanılacak yakıtı dönüştürülebilir. b- Temel havacılık operasyonlarına herhangi bir olumsuz etkisi yoktur.	a- Diğer yenilenebilir enerji kaynakları kadar kolay ulaşamaz. b- Havalimanının jeolojik koşuluna bağıdır. c- Kurulumu genellikle karmaşıktır.
Jeotermal	Havacılık operasyonlarını bozmazlar.	a- Havalimanı konumunun su kaynağına yakın bir yerde olmasını gerektirir. b- Çevresel etkileri bir çok havalimanı için uygun olmayabilir.
Hidroelektrik	Etrafı okyanuslarla çevrili olan bazı havalimanlarında hidroelektrikten faydalanılabilir.	

ancak bu sistemlerin kurulumu genellikle karmaşıktır. Sonuç olarak, jeotermal enerjili havalimanı projeleri genellikle yeni tesislerin inşası veya mevcut havalimanı yapılarının yenilenmesi ile birlikte yürütülmeye değerdir [10].

2.5 Hidroelektrik

Hidroelektrik kaynaklarının havaalanlarında uygulanabilirliği, akan nehirlerle ve okyanus alanlarına bitişik olan havalimanları ile sınırlıdır. Her havalimanı fotovoltaiik panellerden elektrik üretebilecek bir güneş ışığı miktarına sahiptir ancak güneş ışığı miktarı nedeniyle PV sisteminin kurulumu ekonomik olmayabilir [27]. Bununla birlikte hidroelektrik enerjinin havalimanında kullanılabilmesi, havalimanı konumunun su kaynağına yakın bir yerde olmasını gerektirir [10]. Ayrıca, havalimanları yakınında bir hidroelektrik sistem geliştirmenin çevresel etkisi birçok

havalimanı için uygun olmayacaktır. Etrafi okyanuslarla çevrili ıslah edilmiş toprak üzerine inşa edilen bazı Asya havalimanları, tüm çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin karşılanması koşuluyla hidroelektrikten faydalanabilir [21].

Havalimanlarında kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları, fırsatları/faydaları ve riskleri/zorlukları Tablo 2’de özetlenmiştir.

3. Yenilenebilir Enerji Kullanan Havalimanları

Havalimanlarında enerji tüketimini azaltma, enerji maliyetlerini düşürme ve enerji verimliliğini artırma çabaları arttıkça yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı da gittikçe yaygınlaşmaktadır. Havalimanı yerleşkelerinin koşulları (coğrafi konumu, kapasitesi, enerji talebi vb.) tamamen birbirinden farklıdır ve devletler havalimanı işletmecilerinin hangi yenilenebilir enerji projelerinin uygulanabilir olduğunu

Tablo 3. Dünya’da yenilenebilir enerji kullanan bazı havalimanları [5, 9, 14, 27, 29-32, 34, 35, 39].

Sıra No	Havalimanı	Bulunduğu Ülke	Yenilenebilir Enerji Teknolojisi	Kapasite
1	Cochin Uluslararası Havalimanı	Hindistan	PV	12 MWp
2	Denver Uluslararası Havalimanı	ABD	PV	10 MWp
3	Fresno Yosemite Uluslararası Havalimanı	ABD	PV	2.4 MWp
4	Kamuzu Uluslararası Havalimanı	Malavi	PV	830 kWp
5	Moshoeshoe I Uluslararası Havalimanı	Lesoto	PV	281 kWp
6	Boston Logan Uluslararası Havalimanı	ABD	PV + Rüzgâr	367 kWp +20 kW
7	Incheon Uluslararası Havalimanı	Güney Kore	PV	957 kWp
8	Burlington Uluslararası Havaalanı	ABD	Rüzgâr	100 kW
9	Indianapolis Uluslararası Havalimanı	ABD	PV	22 MWp
10	East Midlands Uluslararası Havalimanı	İngiltere	Rüzgâr	500 kW
11	Portland Uluslararası Havalimanı	ABD	Jeotermal	120 kuyu, Derinlik: 500 ft
12	Lakeland Linder Uluslararası Havalimanı	ABD	PV	6 MWp
13	Neuhardenberg Havalimanı	Almanya	PV	1.4 MWp
14	Grant County Uluslararası Havalimanı	ABD	Biyokütle	220 kW
15	Juneau Uluslararası Havaalanı	ABD	Jeotermal	108 kuyu, Derinlik: 350 ft
16	Heathrow Uluslararası Havalimanı	İngiltere	Biyokütle	11.5 MW
17	San Diego Uluslararası Havalimanı	ABD	PV	5.5 MWp

belirlemeleri için mevcut durumlarının bir analizini gerçekleştirmelerini ister. Büyük havalimanlarının birçoğu sadece yenilenebilir enerji üretimini gerçekleştirmekle kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmayı da teşvik etmektedir [9].

3.1 Dünya'daki Havalimanlarında Yenilenebilir Enerjinin Kullanımı

Dünya'daki birçok havalimanı yenilenebilir enerji sistemlerini kullanmaktadır. Tablo 3, Dünya'da yenilenebilir enerji kullanan bazı havalimanlarını vermektedir.

Fotovoltaik sistemler dünya çapında 100'den fazla havalimanına kurulmuştur ve elverişli kurulum imkânlarına sahip olmaları nedeniyle mevcut havalimanlarının birçoğuna bu sistemin tasarımı gerçekleştirilebilir. Hindistan'da bulunan Cochin Uluslararası Havalimanı, dünyanın tamamen fotovoltaik panellerle çalışan ilk tesisi olmuştur [29]. 12 MWp güneş enerjili Cochin Uluslararası Havalimanı ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamını apron alanına kurulu 46,150 adet güneş panelinden üretmektedir [29, 30]. Güney Amerika'daki Galapagos Havalimanı, tüm tesislerini işletmek için sadece yenilenebilir enerji kullanmaktadır [9]. Malavi'de 1228 m rakımda bulunan Kamuzu Uluslararası Havalimanında 830 kWp şebekeye bağlı PV enerji santrali bulunmaktadır [31]. Japon hükümetinin hibesi ile Lesoto'da bulunan Moshoeshoe I Uluslararası Havaalanı'nda 281 kWp gücünde şebekeye bağlı PV sistem kurulmuştur [32]. Güney Kore'nin başkenti Seul'de bulunan ve Güney Kore'nin en büyük havalimanı olan Incheon Uluslararası Havalimanı, yoğun saatlerde elektrik yükünü azaltmak için geri dönüştürülmüş su arıtma binasına ve uzun süreli park garajına 957 kW fotovoltaik paneller kurmuştur. Güney Kore hükümetinin planına göre, Incheon Uluslararası Havalimanı birkaç yıl sonra 4 MW'lık bir fotovoltaik sistem ve 5.5 MW'lık bir jeotermal tesis kurarak sera gazı emisyonlarını azaltmaya devam etmeyi planlamaktadır [9]. Lakeland Linder Uluslararası Havalimanındaki yere monte edilmiş fotovoltaik sistem 6 MW'lık kurulu güce sahiptir ve ABD'de en yüksek kurulu güce sahip havalimanlarından biridir. Neuhardenberg havalimanı güneş enerjisi santrali, Almanya'daki en

büyük fotovoltaik enerji projelerinden biridir ve 145 MW kurulu güce sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Neuhardenberg havalimanı güneş güneş enerjisi santrali [34].

Avrupa'da İsveçli havalimanı işletmecisi Swedavia tarafından işletilen Lulea, Ronneby ve Visby havalimanları net sıfır karbon emisyonlu havalimanlarıdır. Swedavia, 2020 yılına kadar Stockholm-Arlanda merkezi de dahil olmak üzere İsveç'teki tüm havalimanları için net sıfır emisyon elde etmeyi hedeflemiştir. Hamburg havalimanı bu hedefi 2022 yılı için belirlerken, Amsterdam-Schiphol, Eindhoven ve Kopenhag havalimanları ve Norveçli havalimanı işletmecisi Avinor 2030 yılı için belirlemiştir [33].

Kalifornia Fresno Yosemite Uluslararası Havalimanında toplam 2.4 MWp kurulu güce sahip PV paneller havalimanının elektrik enerjisi ihtiyacını %50'sinden fazlasını karşılamaktadır ve 20 yılda enerji maliyetlerinde 13 milyon dolar tasarruf sağlayacağı tahmin edilmektedir. Boston Logan Uluslararası Havalimanı Terminal A binasında 274 kW, Terminal A uydu binasında 93 kW olmak üzere toplam 367 kW gücünde fotovoltaik sistem kurulmuştur. Tesisler, binalarda tüketilen elektriğin tamamını (yılda yaklaşık 475000 kWh) üretmektedir [5, 35, 36]. Ayrıca Havalimanı'nın Ofis Merkezi'ne her biri 10 ft boyunda ve 1 kW gücünde 20 adet çatı tipi rüzgâr türbini kurulmuştur (Şekil 3). Yerleştirilen rüzgâr türbinlerinde, düşük rüzgâr koşullarında bile hava akışını yakalamalarını sağlamak için benzersiz bir tasarım kullanılmıştır.



Şekil 3. Boston Logan Uluslararası Havalimanında ofis binasına monte edilmiş entegre rüzgar türbinleri [27].

İngilterede bulunan East Midlands Havalimanında 30 mt göbek yüksekliğine ve 15 mt uzunluğunda üç kanada sahip her biri 250 kW gücünde 2 adet büyük ölçekli rüzgâr türbini bulunmaktadır. Türbinlerin ürettiği elektrik havalimanının elektrik ihtiyacının %6'sını karşılamaktadır. Grant County Havalimanına biyokütle kazanı bulunan yeni bir terminal binası yapılmıştır. Biyokütle tesisi için kullanılan hammadde depolama kutusu Şekil 4'de gösterilmektedir. Biyokütle, terminal binasına ABD Yeşil Bina Konseyi LEED Programı'nın gümüş sertifikasyon seviyesinin gereksinimlerini karşılamak amacıyla dâhil edilmiştir. Biyokütle yerel bir atölye tarafından sağlanan odun taneciklerini yakmakta ve terminal binasının ısıtma ihtiyacının %50'sini karşılamaktadır [27].

Avrupa havalimanı endüstrisini 2050 yılına kadar net sıfır karbon emisyonlu havalimanları haline getirmeyi resmen taahhüt eden karar, 26 Haziran 2019'da Kıbrıs'ta düzenlenen 29. ACI EUROPE Yıllık Kongre ve Genel Kurulunda imzalanmıştır. Söz konusu karar Kasım 2019 tarihi itibariyle 25 Avrupa ülkesinden 47 havalimanı işletmecisinin işlettiği toplam 204 havalimanı tarafından desteklenmektedir ve her bir havalimanının ayrı hedefleri vardır. Avrupa havalimanı endüstrisinin tahmini karbon ayak izi göz önüne alındığında bu karar 2050 yılı itibariyle toplam 3.46 milyon ton yıllık CO₂ emisyonunu ortadan kaldıracaktır [37]. Londrada bulunan

Gatwick havalimanı, elektrik ihtiyacının tamamını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayarak Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından verilen karbon nötr sertifikasını almıştır [38].



Şekil 4. Grant County Havalimanı'nda biyokütle tesisi için hammadde depolama kutusu [27].

Yılda 61.000'den fazla uçuşun gerçekleştiği ABD'deki Chattanooga Metropolitan Havalimanı, 12 dönümlük alan üzerine 2.64 Megawatt (MW) güneş enerjisi santrali kurarak ABD'nin tamamen güneş enerjisi ile çalışan ilk havalimanı olmuştur. ABD'de yenilenebilir enerji tesislerini tamamlamış olan havalimanlarına yönelik havalimanlarının yenilenebilir enerjiye karar verme süreçleri hakkında bilgi toplamak amacıyla yapılan anket çalışmasında enerji kaynağı olarak %64 güneş, %20 jeotermal, %8 ısı güneş enerjisi, %4 rüzgâr ve %4 biyokütle kullanıldığı görülmüştür [1].

3.2 Türkiye'deki Havalimanlarında Yenilenebilir Enerjinin Kullanımı

Türkiyede 58 adet sivil havalimanı bulunmaktadır. Bu havalimanlarının 37'sinde uluslararası uçuşlar gerçekleşmekte olup 18'i hem sivil hemde askeri amaçla kullanılmaktadır. Ülkede ayrıca yalnızca askerî amaçla kullanılan 18 havalimanı vardır [40]. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem her geçen gün artarken, bu alandaki projeler de giderek çeşitlenmektedir. Bununla birlikte Türkiye'deki havalimanlarında tüketilen toplam enerji içerisinde yenilenebilir enerjinin payı çok azdır.

Tablo 4. Türkiye’de yenilenebilir enerji kullanan bazı havalimanları [41-44].

Sıra No	Havalimanı	Bulunduğu Şehir	Yenilenebilir Enerji Teknolojisi	Kapasite
1	Adnan Menderes Havalimanı	İzmir	PV	400 kWp
2	Antalya Havalimanı	Antalya	PV	250 kWp
3	Erzincan Havalimanı	Erzincan	PV	2.09 MWp

**Şekil 5.** Erzincan Havalimanı güneş enerjisi santralinin görünümü [41].

Türkiye’de, ilk Güneş Enerjisi Santrali (GES) projelerinden biri Erzincan Havalimanında yapılmıştır. Proje için 325 W/m^2 gücünde ve herbiri yaklaşık 1.7 m^2 olan toplam 3779 adet fotovoltaik panel kullanılarak 2.09 MWp güce ulaşılmıştır. Tesis, bir yılda yapacağı elektrik üretimi ile Erzincan Havalimanı’nda tüketilen elektrik enerjisinin yarıya yakınına karşılayacak ve ihtiyaç fazlasını şebekeye aktaracak şekilde tasarlanmıştır [41].

Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü tarafından talep edilen proje kapsamında Antalya havalimanında 260 W gücünde toplam 962 adet fotovoltaik panel kullanılarak 250 kWp kurulu güce sahip güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Sistem Aralık 2013’de tamamlanarak devreye alınmıştır [42].

İzmir Adnan Menderes Havalimanı, iklim değişikliğinin başlıca nedenlerinden olan karbon salımlarını nötralize ederek Avrupa’daki en çevreci 20 havalimanı arasına girmiştir. Ayrıca yeni terminalinde 5200 m^2 fotovoltaik panel bulduran havalimanı yılda 450 MW elektriğini güneş enerjisinden üretmektedir [43].

4. Sonuçlar

Havalimanları, uçuşlarının güvenli bir şekilde gerçekleşmesi ve binalarının işletilmesi için yüksek enerji talebine sahiptirler. Bu enerji talebinin karşılanmasında kullanılan fosil yakıtların yaydığı sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Havalimanlarında yenilenebilir enerjinin kullanılması sera gazlarının azaltılmasının yanı sıra mali ve kamu politikası faydaları sağlamaktadır. Bu çalışmada havalimanlarında enerji maliyetlerini ve emisyonları azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma olanakları incelenmiştir. Günümüzde Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları kullanan havalimanları incelenmiştir. Elde edilen temel sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1) Enerji tüketimi yönünden küçük veya orta ölçekli şehirlere benzeyen havalimanı yerleşkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji, havalimanları için mevcut enerji seçeneklerini artırmaktadır.

2) Havalimanları, kesintisiz olarak enerji tüketmeleri ve yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumu için geniş atıl arazilere sahip olmaları nedeniyle yenilenebilir enerjinin kullanımı için en uygun yerlerdir.

3) Yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerindeki azalış, havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım olanaklarını artırmaktadır.

4) Havalimanlarında yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılmasıyla elde edilen enerji elektrik, ısıtma, soğutma ve çeşitli ulaşım araçlarını beslemek amacıyla kullanılabilir.

5) Bir havalimanında yenilenebilir enerjiye yatırım yapmaya karar vermeden önce havalimanında enerji denetimi gerçekleştirilmelidir. Bu sayede, enerji kullanımının ve iyileştirmeler için

en iyi ve en uygun maliyetli fırsatların nerelerde olduğu anlaşılır.

6) Havalimanlarına güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik ve yakıt pilleri gibi pek çok yenilenebilir enerji alternatifi uygulanabilir.

7) Havalimanlarında en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji teknolojisi fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemler havalimanlarına uygulanırken parlama, radar karışıklığı ve fiziksel penetrasyon gibi güvenlik kaygıları göz önüne alınmalıdır.

8) Rüzgâr türbinleri havalimanlarında fotovoltaik panellere benzer olarak fiziksel penetrasyon ve radar karışıklığına, fotovoltaik panellerden farklı olarak ise türbülansa neden olabilirler.

9) Diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinden farklı olarak, biyokütle ile güç üretimi yapmak için hammaddeye ihtiyaç vardır ve biyokütle emisjonsuz değildir. Bununla birlikte, biyokütle santralının yaşam döngüsü boyunca atmosfere yaydığı karbon miktarının yakaladığı karbon miktarına eşit olduğu düşünüldüğünden karbon nötr olarak sınıflandırılmaktadır.

10) Jeotermal elektrik veya ısı üretimi, havalimanının altında bulunan belirli jeolojik yapılara bağlı olduğu için diğer yenilenebilir enerji kaynakları kadar kolay ulaşılamaz.

11) Hidroelektrik enerjinin havalimanında kullanılabilmesi, havalimanı konumunun su kaynağına (akan nehre veya okyanusa) yakın bir yerde olmasını gerektirir.

12) Dünya'daki havalimanlarında en çok kullanılan yenilenebilir enerji sistemi fotovoltaik sistemlerdir ve elverişli kurulum imkânlarına sahip olmaları nedeniyle mevcut havalimanlarının birçoğuna bu sistemin tasarımı gerçekleştirilebilir.

13) Türkiye'deki havalimanlarında tüketilen toplam enerji içerisinde yenilenebilir enerjinin payı çok azdır.

14) Yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan Türkiye'deki havalimanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin biçimde faydalanmak için çalışmalar artırılmalıdır.

15) Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'deki havalimanlarında kullanımını arttırmak için yapılacak çalışmalar, kurulacak yenilenebilir enerji sisteminin teknik açıdan

uygulanabilirliği, kurulum olanakları ve performans parametreleri gibi teknik konuları içermelidir.

16) Türkiye'deki havalimanlarında yenilenebilir enerji kullanımını artırılması için yapılacak çalışmalar teknik konuların yanı sıra proje maliyetleri, sermaye ve bakım maliyetleri, potansiyel fon kaynakları ve kamu politikaları gibi finansal konuları da içermelidir.

17) Türkiye'deki havalimanlarında yenilenebilir enerji sisteminin inşa edilmesi ve işletilmesinin maliyet etkin olabilmesi için iş planlamaları yapılmalıdır. Bu sayede havalimanlarında yenilenebilir enerji kullanımı için vergi indirimleri ve finansal teşviklerden faydalanılması da sağlanabilir.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] S. B. Barrett, P. M. DeVita, J. Kenfield, B. T. Jacobsen, and D. Y. Bannard, Developing a Business Case for Renewable Energy at Airports. Washington, ABD: Airport Cooperative Research Program, 2016.
- [2] A. Costa, L. M. Blanes, C. Donnelly, and M. M. Keane, Review of EU Airport Energy Interests and Priorities with Respect to ICT Energy Efficiency and Enhanced Building Operation, 12th International Conference for Enhanced Building Operations, Manchester, UK, 2012.
- [3] S. O. Alba, "Characterization, Analysis and Optimization of Energy Demand Patterns in Airports," The University of Cantabria, School of Industrial Engineering and Telecommunications, Ph.D. Thesis, 2017.
- [4] M. Yılmaz, Ö. F. Yıldız, ve E. İmik, Havalimanlarında Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği, 4th International Anatolian Energy Symposium, Edirne, Türkiye, 2018.
- [5] Ö. F. Yıldız, M. Yılmaz, ve A. Çelik, Havalimanlarında Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılması, 22th Congress of Thermal Sciences and Technology, Kocaeli, Türkiye, 2019.

- [6] M. K. Akyüz, Ö. Altuntaş, M. Z. Söğüt, T. H. Karakoç, and S. Kurama, "Determination of Optimum Insulation Thickness for Building's Walls with Respect to Different Insulation Materials: A Case Study of International Hasan Polatkan Airport Terminal," *International Journal of Sustainable Aviation*, 4, 147-161, 2018.
- [7] F. Giustozzi, E. Toraldo, and M. Crispino, "Recycled Airport Pavements for Achieving Environmental Sustainability: An Italian Case Study," *Resources, Conservation & Recycling*, 68, 67-75, 2012.
- [8] S. H. Kandemir, and M. Ö. Yaylı, "Chapter 2 Investigation of Renewable Energy Sources for Airports," *Sustainable Aviation: Energy and Environmental Issues*, 11-16, 2016.
- [9] S. Baek, H. Kim, and H. Y. Chang, "Optimal Hybrid Renewable Airport Power System: Empirical Study on Incheon International Airport, South Korea," *Sustainability*, 8, 1-13, 2016.
- [10] ICAO, *A Focus on the Production of Renewable Energy at the Airport Site*. Québec, Canada: International Civil Aviation Organization, 2017.
- [11] IRENA, "IRENA." <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025>. [Erişim Tarihi: 22-Şubat-2020].
- [12] M. Radomska, L. Chernyak, and O. Samsoniuk, "Chapter 13 The Improvement of Energy-Saving Performance at Ukrainian Airports," *Advances in Sustainable Aviation*, 189-203, 2018.
- [13] B. Li, W. Zhang, J. Xu, and J. Wang, *Research on Solar Photovoltaic Power Generation in the Airfield Area at Civil Airports*, 3rd International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation, Chongqing, China, 2018.
- [14] S. Shaw, C. Ferraro, T. Orcutt, G. Morrison, M. Stephens, S. Barrett, P. DeVita, and J. Cohen, *Guidebook for Developing a Comprehensive Renewable Resources Strategy*. Washington, ABD: Airport Cooperative Research Program, 2019.
- [15] P. DeVita, and S. Barrett, *Eugene Airport Solar Feasibility Study*. Burlington, ABD: HMMH, Report No: 308220, 2018.
- [16] C. D. Zomer, M. R. Costa, A. Nobre, and R. Rüther, "Performance Compromises of Building-Integrated and Building-Applied Photovoltaics (BIPV and BAPV) in Brazilian Airports," *Energy and Buildings*, 66, 607-615, 2013.
- [17] S. Barrett, and P. DeVita, *Technical Guidance for Evaluating Selected Solar Technologies on Airports*. Washington, ABD: Federal Aviation Administration, 2018.
- [18] J. Wybo, "Large-Scale Photovoltaic Systems in Airports Areas: Safety Concerns," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 402-410, 2013.
- [19] S. B. Barrett, P. M. DeVita, and R. L. Miller, *Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports*. Washington, ABD: Federal Aviation Administration, 2013.
- [20] A. Rowlings, "Sustainable Energy Options for the Future Airport Metropolis," *Science and Engineering Faculty Queensland University of Technology*, Master Thesis, 2016.
- [21] A. Rowlings, and A. Walker, *Sustainable Energy Options for the Future Airport Metropolis*, 4th International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development, Algarve, Portugal, 2008.
- [22] <https://to70.com/dangerous-relationship-wind-turbines-aviation/>. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [23] <https://www.airsight.de/projects/item/wind-energy-and-aviation/>. [Erişim Tarihi: 05-Şubat-2020].
- [24] YEGM, "YEGM." http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx. [Erişim Tarihi: 06-Şubat-2020].

- [25] D. Ünlü, and N. D. Hilmioğlu, “Chapter 3 Review of Renewable Biofuels in the Aviation Sector,” *Advances in Sustainable Aviation*, 25-39, 2018.
- [26] EİGM, “EİGM.”, <https://www.eigm.gov.tr/TR/Sayfalar/Jeotermal>. [Erişim Tarihi: 06-Şubat-2020].
- [27] A. Whiteman, D. Bannard, T. Smalinsky, I. Korovesi, J. Plante, and T. DeVault, *Renewable Energy as an Airport Revenue Source*. Washington, ABD: Airport Cooperative Research Program, 2015.
- [28] M. K. Akyüz, Ö. Altuntaş, and M. Z. Söğüt, “Economic and Environmental Optimization of an Airport Terminal Building’s Wall and Roof Insulation,” *Sustainability*, 9, 1849, 2017.
- [29] S. Sukumaran, and K. Sudhakar, “Fully Solar Powered Airport: A Case Study of Cochin International Airport,” *Journal of Air Transport Management*, 62, 176-188, 2017.
- [30] M. K. Akyüz, “ Havalimanlarında Sürdürülebilir Enerji Yönetim Modeli,” *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 2018.
- [31] M. H. Banda, K. Nyeinga, and D. Okello, “Performance Evaluation of 830 kWp Grid-Connected Photovoltaic Power Plant at Kamuzu International Airport-Malawi,” *Energy for Sustainable Development*, 51, 50-55, 2019.
- [32] M. Mpholo, T. Nchaba, and M. Monese, “Yield and Performance Analysis of the First Grid-Connected Solar Farm at Moshoeshoe I International Airport, Lesotho,” *Renewable Energy*, 81, 845-852, 2015.
- [33] ATAG, “AVIATIONBENEFITS.” <https://aviationbenefits.org/newswire/2019/09/over-200-european-airports-to-deliver-net-zero-co2-emissions-by-2050/>. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [34] Havaalanı Elektrik Sistemleri. Ankara, Türkiye: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2017.
- [35] C. R. Lau, J. T. Stromgren, and D. J. Green, *Airport Energy Efficiency and Cost Reduction*. Washington, ABD: Airport Cooperative Research Program, 2010.
- [36] Ö. F. Yıldız, “Erzurum Havalimanı Terminal Binasının Enerji Analizi ve Net Sıfır Enerjili Bina Formuna Dönüştürülmesinin İncelenmesi,” *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 2017.
- [37] ACI, “AIRPORT-BUSINESS,” <http://www.airport-business.com/2019/11/unlocking-renewable-energy-procurement-europes-airports/>. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [38] BUSINESSGREEN, <https://www.businessgreen.com/sponsored/3034979/renewable-electricity-helps-gatwick-airport-achieve-carbon-neutrality>. [Erişim Tarihi: 08-Şubat-2020].
- [39] S. Sukumaran, and K. Sudhakar, “Performance Analysis of Solar Powered Airport Based on Energy and Exergy Analysis,” *Energy*, 149, 1000-1009, 2018.
- [40] WIKIPEDIA, https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye_%27deki_havaalanlar%C4%B1_listesi. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [41] <https://www.enerjigunlugu.net/erzincan-havalimani-ges-uretime-gecti-35679h.htm>. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [42] <https://www.enerjigunlugu.net/antalya-havalimani-gunes-santrali-devrede-6963h.htm>. [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].
- [43] <https://www.ecobuild.com.tr/post/2017/10/23/i%CC%87zmir-adnan-menderes-havaliman%C4%B1-leed-in-motion-transportation-raporunda-t%C3%BCm-d%C3%BCnyaya-%C3%B6rn> [Erişim Tarihi: 04-Şubat-2020].